COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-QUATRE-VINGT-TROISIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1926.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et C[ie], IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1926

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JUILLET 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 29 juin 1926, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Pierre Weiss** pour occuper la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *G. Gouy*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Farid Boulad Bey**, membre de l'Institut d'Égypte, qui assiste à la séance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du nickel et du cobalt sur l'action exercée par l'insuline chez le chien.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Mâchebœuf**.

Les expériences que nous avons publiées récemment [1] ont montré que certaines préparations d'insuline agissent d'une manière plus intense sur la

---

[1] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1504.

glycémie du lapin lorsqu'on les injecte en même temps que de petites quantités de nickel et de cobalt que lorsqu'on les injecte sans addition des mêmes métaux.

Avant de tirer de ces expériences les conséquences qu'elles comportent et surtout d'en généraliser la portée à l'homme, il nous a paru nécessaire de les répéter sur un animal plus élevé en organisation et adapté à un régime non exclusivement herbivore.

Nous n'avions d'ailleurs pas que ces raisons théoriques pour opérer sur une nouvelle espèce. Lorsque, dans le but de suivre l'action hypoglycémiante de l'insuline, on a ponctionné le cœur à cinq ou six reprises dans la même journée et prélevé chaque fois 2^{cm^3} à 3^{cm^3} de sang, on hésite à se servir du même lapin pour une seconde expérience sans l'avoir laissé reposer assez longtemps. Pratiquement, on doit donc recourir à autant d'individus qu'il y a d'expériences, c'est-à-dire courir plus ou moins le risque de rencontrer une de ces différences individuelles qui apparaissent de temps en temps dans les recherches physiologiques.

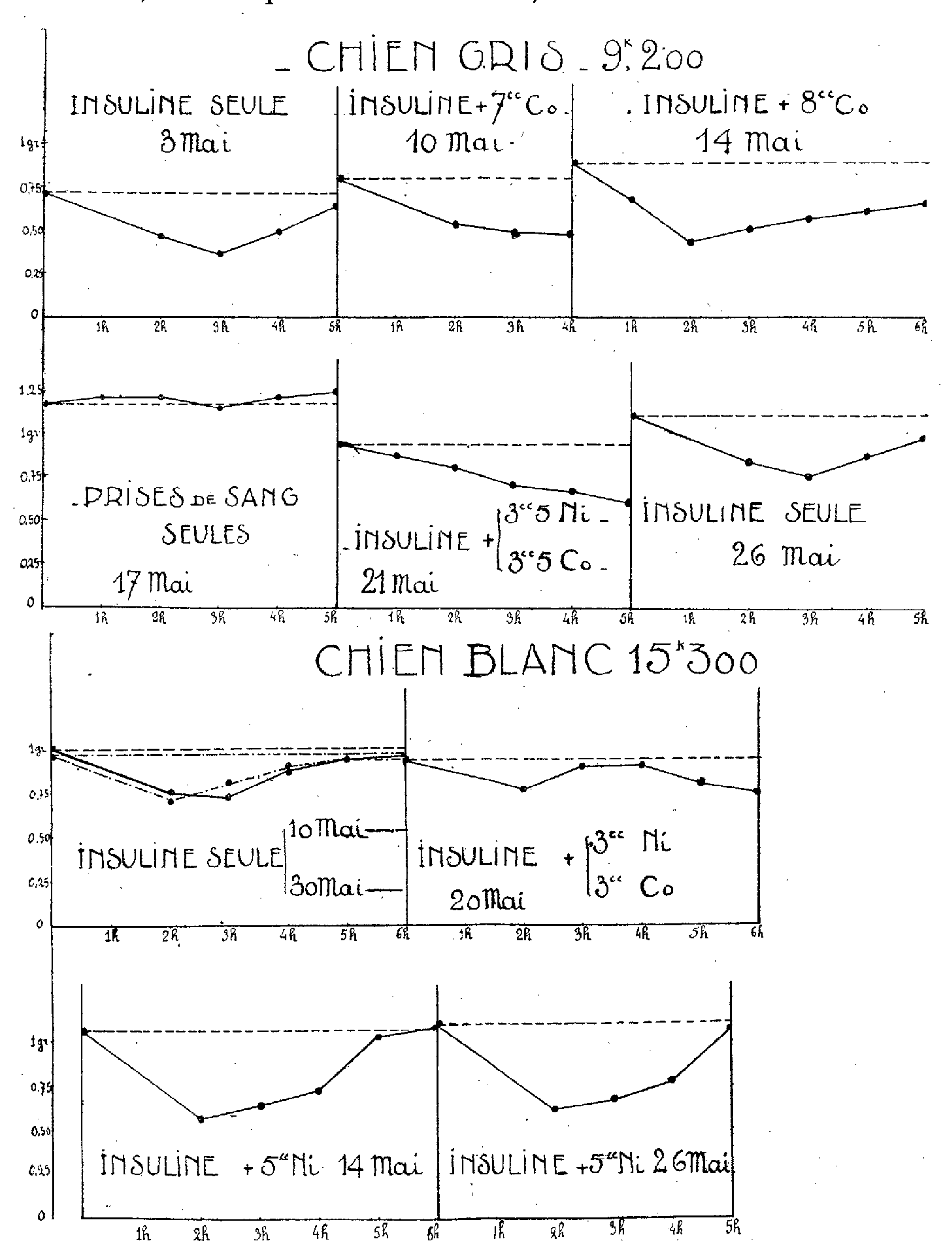
En choisissant le chien pour les expériences que nous décrivons aujourd'hui, nous avons pu, au contraire, effectuer chaque série sur le même animal; quelques jours de repos ont suffi entre les injections; la concordance des résultats obtenus avec l'insuline seule, au commencement et à la fin de chaque série, nous a prouvé, en effet que la sensibilité des animaux à l'insuline était restée la même au cours des expériences.

Nous avons employé la préparation d'insuline qui avait servi dans la série 1 de nos expériences sur le lapin. Cette préparation a été injectée, après essais préliminaires sur un premier animal, à la dose de trois unités cliniques au chien de $9^{kg},2$ et à la dose de cinq unités cliniques au chien de $13^{kg},3$.

Les solutions de nickel et de cobalt ont été les mêmes que dans les expériences antérieures; les doses injectées sont indiquées sur les graphiques. Ceux-ci mentionnent en outre les dates auxquelles ont été effectuées les injections.

Comme on peut aisément le constater en comparant les résultats que nous donnons aujourd'hui avec ceux que nous avons déjà publiés, le nickel et le cobalt se comportent sensiblement de la même manière vis-à-vis de l'insuline chez le lapin et chez le chien : il y a augmentation d'activité de la substance hypoglycémiante. Chez le chien comme chez le lapin, il semble que le cobalt ait une influence plus grande que le nickel et aussi que les deux métaux réunis ralentissent tout en la prolongeant l'action de l'insuline.

Doit-on, en conséquence de ces résultats, considérer le nickel et le cobalt



comme étant les coferments de l'insuline au même titre que le manganèse

est le coferment de la laccase [1]? Ces deux métaux font-ils partie de la molécule de l'insuline? Et même, y a-t-il deux substances dans l'insuline, ou plus exactement dans les préparations d'insuline, dont l'une dépend de l'action du nickel et l'autre de celle du cobalt ?

Pour répondre à la première question, il faudrait pouvoir faire agir l'insuline *in vitro*, ce à quoi l'on n'est pas encore parvenu. Il se pourrait que le nickel et le cobalt n'interviennent que d'une manière indirecte, par l'intermédiaire d'un organe déterminé.

Quant aux autres questions, il va probablement être facile d'y répondre bientôt. J.-J. Abel vient d'annoncer qu'il avait réussi à obtenir l'insuline à l'état cristallisé [2]. Lorsqu'une quantité suffisante de cette précieuse substance aura été préparée, il pourra en être sacrifié un peu pour y rechercher le nickel et le cobalt.

M. **Ch. Moureu** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, au nom de notre confrère M. **G. Urbain**, en mon nom personnel, et à celui de MM. **A. Lepape**, **J. Bardet** et de nos autres collaborateurs, un mémoire que vient de publier les *Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie* (t. 3, n° 3, 1925) sur l'*Analyse des eaux thermales de Vichy*.

Ce long et important travail inaugure les recherches d'ordre analytique que l'Institut d'Hydrologie a pour mission d'exécuter sur les sources hydrominérales françaises. Il comprend des mesures faites sur place, aux sources mêmes, et des déterminations faites à nos laboratoires à Paris. Six des sources les plus chaudes de Vichy ont été examinées; les recherches les plus approfondies ont porté sur les trois sources chaudes principales (Grande Grille, Chomel, Hôpital) de notre grande station thermale.

La composition de ces eaux n'a fait l'objet d'aucun travail complet depuis les célèbres recherches de Willm, qui datent de 1881.

---

(1) Dans le cas de la laccase, le manganèse, jouant le rôle que l'un de nous a d'abord caractérisé par l'expression coferment (ou codiastase, ou aussi coenzyme) (Gabriel Bertrand, *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 1355), et plus tard de complémentaire active (*Revue générale des Sciences*, **16**, 1905, p. 451), est la partie du système catalytique qui provoque l'action chimique considérée.

(2) *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **12**, 1926, p. 132. D'après un extrait contenu dans *Chemical Abstracts* (**20**, 1926, p. 1494), qui ne donne pas la composition élémentaire de l'insuline cristallisée.

Pour ces analyses, nous avons utilisé toutes les ressources qu'offrent la physico-chimie et la chimie actuelles, en vue d'obtenir le maximum de sensibilité et de précision dans nos dosages.

D'ailleurs, au point de vue purement chimique, diverses méthodes nouvelles ont été appliquées, après étude et adaptation préalables poursuivies au laboratoire de M. Urbain. La perfection des séparations analytiques et la pureté des précipités ont été contrôlés au spectrographe; et, le cas échéant, les corrections voulues furent apportées aux résultats des pesées. Les gaz rares et la radioactivité (radium, radon, thoron) ont été étudiés par les méthodes que M. Lepape et moi-même pratiquons depuis 20 ans et que nous avons encore perfectionnées.

Dans les tableaux analytiques, on trouvera les chiffres de dosage de près de trente constituants (ions, acides non ionisés, gaz dissous) de l'eau minérale et l'indication qualitative de la présence de vingt autres, décelés par l'étude spectrographique.

Aucune eau minérale n'a fait jusqu'ici l'objet de recherches aussi approfondies et aussi complètes, et j'espère que la médecine thermale pourra tirer profit des données nouvelles ainsi mises à sa disposition.

CORRESPONDANCE.

M. **Pierre Weiss**, élu Membre non résidant, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre de la Guerre** prie l'Académie de lui désigner deux de ses membres qui feront partie, pour l'année scolaire 1926-1927, du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*, en remplacement de MM. H. Deslandres et H. Le Chatelier.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

1° *La Logique des Mathématiques*, par Stanislas Zaremba, fascicule XV du *Mémorial des Sciences mathématiques*.

2° *Formules stokiennes*, par A. Buhl, fascicule XVI du *Mémorial des Sciences mathématiques*. (Présenté par M. P. Appell.)

3° « *Parasolier* » *et Papier de* « *Parasolier* », par P. Ammann, M. Aribert, A. Bertin, F. Bretonnet, C. Chalot, G. Noachovitch, A. Thiriet, L. Vidal. Préface de Em. Prudhomme. (Présenté par M. L. Lindet.)

4° Louis Roule. *Les Poissons et le monde vivant des eaux. Études ichthyologiques.* Tome premier : *Les formes et les attitudes.* (Présenté par M. L. Mangin.)

5° P. Solente. *Note sur le nivellement général du Canal maritime de Suez* (1923-1925). (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

6° Estienne. *Introduction à une théorie rationnelle des erreurs d'observation.*

7° *Marine Structures, their Deterioration and Preservation*, by William G. Atwood and A. A. Johnson.

8° Harvard Institute for Tropical Biology and Medicine. *Medical Report of the* Hamilton Rice seventh Expedition to the Amazon (1924-1925).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une série de polynomes liée à la représentation conforme des aires simplement connexes.* Note de M. **Gaston Julia.**

Soit un domaine simplement connexe D, borné, contenant l'origine, dans le plan z. Parmi toutes les fonctions $\lambda(z)$ holomorphes dans D pour lesquelles $\lambda(0)=0$, $\lambda'(0)=1$, la fonction $f(z)$ qui fournit la représentation conforme de D sur un cercle $|Z|<\rho$, est celle pour laquelle le maximum de $|f|$ dans D est le plus petit possible. Ce maximum ρ est le rayon de l'aire D.

1. Considérons tous les polynomes $P_n(z)=z+a_2z^2+\ldots+a_nz^n$ de degré $\leqq n$, pour lesquels $P_n(0)=0$, $P'_n(0)=1$. On démontre aisément qu'il y en a un et un seul $\pi_n=z+\alpha_2z^2+\ldots+\alpha_nz^n$ tel que le maximum de $|\pi_n|$ dans D, soit inférieur au maximum de $|P_n|$ dans D, quel que soit $P_n\neq\pi_n$. C'est *le polynome, débutant par z, dont le maximum des valeurs absolues dans* D *est minimum*. [On peut l'étudier soit directement, soit en le considérant comme une différence entre z et un polynome formé avec la suite des puissances z^2, z^3, ...]. Soit m_n le maximum de $|\pi_n|$ dans D. [Ce maximum est atteint en n points au moins de la frontière]. Il est clair que $m_n\geqq\rho$, ρ étant rayon de l'aire. En faisant varier n on a une suite de polynomes π_1, π_2, ..., π_4, ... et de nombres $m_1\geqq m_2\geqq\ldots\geqq m_n>\ldots$ non croissants, tous $\geqq\rho$. [Ils peuvent être tous $=\rho$ à partir d'un certain rang,

si D est défini par une inégalité $|\pi_n| < \rho$.] Sous des conditions très générales imposées à D, *la suite* $\pi_1, \pi_2, \ldots, \pi_n, \ldots$ *tend vers* $f(z)$ *et uniformément dans tout domaine intérieur à* D.

2. Pour le démontrer, on suppose qu'on puisse former une suite de domaines simplement connexes $D_1, D_2, \ldots, D_n, \ldots$ admettant pour points intérieurs tous les points de D et de sa frontière F, tels aussi que tout point M centre d'un petit cercle γ_M dont tous les points sont, à partir d'un certain rang n_0, intérieurs à tous les D_n soit un point intérieur à D. D_n *tend vers* D *pour* $n=\infty$, *tout point de* F *étant limite de points-frontière de* D_n, *et les points-frontière de* D_n *n'ayant pas de point limite hors de* F. Cela est toujours *possible si* F *est une courbe de Jordan fermée simple* avec des D_n polygonaux. Mais cela est *impossible si la frontière de* F *présente des points doubles ou multiples*. Dans l'hypothèse faite, l'aire D_n *a un rayon* ρ_n *qui a pour limite* ρ lorsque $n=\infty$. Soit $f_n(z)$ $[f_n(0)=0\ f'_n(0)=1]$ la fonction qui représente D_n sur le cercle $|Z| < \rho_n$ d'une manière conforme. D + F étant intérieur à D_n, on peut trouver un polynome $\mathcal{P}_{\nu-2}$ de degré $\nu-2$ tel que, dans D+F, on ait $\left|\frac{f_n - z}{z^2} - \mathcal{P}_{\nu-2}\right| < \varepsilon_n$ [ε_n tendra vers zéro pour $n=\infty$]. C'est-à-dire que l'on peut trouver un polynome $P_\nu = z + \ldots + a_\nu z^\nu = z + z^2\mathcal{P}_{\nu-2}$, tel que $|f_n - P_\nu| < \varepsilon'_n$, et par conséquent tel que, dans D + F, on ait $\text{Max}|P_\nu| < \rho_n + \varepsilon'_n$, puisque dans D + F on a sûrement $\text{Max}|f_n| < \rho_n$. Comme d'autre part, dans D + F, $\text{Max}|\pi_\nu|$ est $\leqq \text{Max}|P_\nu|$, on aura $m_\nu \leqq \rho_n + \varepsilon'_n$. Les m_n non croissants ont une limite inférieure μ; on a donc $\mu \leqq \rho_n + \varepsilon'_n$. Lorsque n devient infini, ε'_n tend vers zéro et ρ_n vers ρ; on a donc $\mu \leqq \rho$. Mais tous les m_n sont $\geqq \rho$, donc $\mu \geqq \rho$. Il en résulte que

$$\rho = \lim_{n=\infty} m_n = \mu.$$

3. Les π_n forment une famille bornée dans D. On en peut extraire une suite π_{n_i} convergeant uniformément dans tout domaine Δ intérieur à D vers une fonction $\varphi(z)$, holomorphe dans D, pour laquelle $\varphi(0)=0$, $\varphi'(0)=1$. Dans Δ, $\text{Max}|\varphi| = \lim_{n_i=\infty} \text{Max}|\pi_{n_i}|$, donc $\text{Max}|\varphi| \leqq \rho$ car $\text{Max}|\pi_{n_i}| < \rho$. Δ étant quelconque dans D le maximum de $|\varphi|$ dans D + f sera $\leqq \rho$, φ ne peut différer de $f(z)$. Les π_n ne peuvent avoir d'autre fonction limite que $f(z)$. *La suite des* π_n *converge donc vers* $f(z)$ *et uniformément dans tout domaine intérieur à* D.

4. La restriction imposée au n° 2 aux frontières des domaines D *n'est pas artificielle*. Considérons par exemple le cas de la frontière avec point

double constituée par le cercle $|z|=1$ entaillé par la coupure rectiligne $(\frac{1}{2}, 1)$. Il est clair que la coupure *n'a aucune influence sur le polynome* π_n. Quelle que soit cette coupure π_n reste le même, et, dans l'exemple, il est égal à z. Le maximum de $|\pi_n|$ n'est en effet atteint que sur le cercle $|z|=1$. Dans le cas général, on peut, *sans altérer* π_n, supprimer dans F tous les arcs de frontière aboutissant par leurs extrémités à un point multiple, lorsque la suppression de ces arcs laisse une frontière F' délimitant un domaine simplement connexe D' contenant D; le maximum de $|\pi_n|$ dans D ou dans D' sera le même et il ne sera atteint que sur F' et non sur les arcs de F supprimés. Les π_n auraient donc pour limite la fonction du type $z+\ldots$ fournissant la représentation de D' sur un cercle.

5. Si enfin on applique les mêmes considérations à une aire bornée *multiplement connexe* D_1 limitée à l'extérieur par une frontière F et à l'intérieur par k frontières $F_1, F_2, \ldots, F_k$, on pourra, pour chaque degré, déterminer un polynome π_n comme au n° 1, mais il sera indépendant des F_k, et sa limite, pour $n=\infty$, sera la fonction fournissant la représentation conforme sur un cercle de l'aire simplement connexe D limitée par la *seule frontière* F.

6. On peut, au n° 2, considérer π_n comme la limite pour $p=+\infty$ du polynome $Q_n^{(p)}$, unique, d'ordre n, débutant par z, pour lequel la moyenne d'ordre p de $|Q_n^{(p)}|$ dans D est minimum, et combiner les deux passages à la limite $Q_n^{(p)} \to \pi_n$ et $\pi_n \to f$, en un seul; j'y reviendrai ailleurs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctionnelles analytiques qui sont des fonctions d'un nombre fini de fonctionnelles linéaires.* Note de M. **Luigi Fantappiè**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit $F[y(t)]$ une fonctionnelle analytique qui peut être exprimée comme fonction déterminée de m fonctionnelles linéaires $L_1[y(t)]$, $L_2[y(t)]$, ..., $L_m[y(t)]$, dont les indicatrices [1] sont $\varphi_1(\alpha)$, $\varphi_2(\alpha)$, ..., $\varphi_m(\alpha)$ respectivement, soit

$$F[y(t)] = f(L_1, L_2, \ldots, L_m). \tag{1}$$

Pour la dérivée fonctionnelle $F'[y(t); \alpha]$, on aura

$$F'[y(t); \alpha] = \sum_{1}^{m} {}_r \frac{\partial f}{\partial L_r} \varphi_r(\alpha) \tag{2}$$

(1) L. Fantappiè, *Le funzionali lineari analitiche e le loro singolarità.* (*Rend. R. Acc. dei Lincei*, 6e série, 1, 1er sem. 1925, p. 502).

et la dérivée deuxième

$$F''[y(t); \alpha, \beta] = \sum_{rs}^{m}{}_{1} \frac{\partial^2 f}{\partial L_r \partial L_s} v_r(\alpha)\, v_s(\beta) = u(\alpha, \beta) \tag{3}$$

sera une combinaison bilinéaire des m fonctions $v_r(\alpha)$ et des m fonctions $v_r(\beta)$ $(r, s = 1, 2, \ldots, m)$. Les $m+1$ fonctions de α, $u, \frac{\partial u}{\partial \beta}, \frac{\partial^2 u}{\partial \beta^2}, \ldots, \frac{\partial^m u}{\partial \beta^m}$ seront donc des combinaisons linéaires, à coefficients qui ne dépendent pas de α, des m fonctions $v_r(\alpha)$, et *le déterminant Wronskien de ces $m+1$ fonctions de α sera nul*

$$\begin{vmatrix} u, & \frac{\partial u}{\partial \beta}, & \frac{\partial^2 u}{\partial \beta^2} & \ldots, & \frac{\partial^m u}{\partial \beta^m} \\ \frac{\partial u}{\partial \alpha}, & \frac{\partial^2 u}{\partial \alpha \partial \beta}, & \frac{\partial^3 u}{\partial \alpha \partial \beta^2}, & \ldots, & \frac{\partial^{m+1} u}{\partial \alpha \partial \beta^m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial^m u}{\partial \alpha^m}, & \frac{\partial^{m+1} u}{\partial \alpha^m \partial \beta}, & \frac{\partial^{m+2} u}{\partial \alpha^m \partial \beta^2}, & \ldots, & \frac{\partial^{2m} u}{\partial \alpha^m \partial \beta^m} \end{vmatrix} = 0. \tag{4}$$

On voit ainsi que *si* $F[y(t)]$ *a la forme* (1), *nécessairement la dérivée deuxième* $F''[y(t); \alpha, \beta] = u(\alpha, \beta)$ *satisfait toujours, quel que soit* $y(t)$, *à l'équation aux dérivées partielles* (4).

2. Mais on peut voir aisément que *l'équation* (4) *nous donne la condition non seulement nécessaire, mais aussi suffisante pour que la fonction* $u(\alpha, \beta)$ *soit une combinaison bilinéaire à coefficients constants de m fonctions* (au plus) *de* α *et de m fonctions* (au plus) *de* β. En effet les $m+1$ fonctions de α $u, \frac{\partial u}{\partial \beta}, \frac{\partial^2 u}{\partial \beta^2}, \ldots, \frac{\partial^m u}{\partial \beta^m}$, dont le Wronskien est nul, seront liées par une relation linéaire (au moins) à des coefficients fonctions de β seulement, c'est-à-dire que u sera (comme fonction de β) une intégrale d'une équation différentielle linéaire homogène, donc

$$u = \sum_{s}^{m}{}_{1} c_s v_s(\beta),$$

où les coefficients c_s ne dépendent pas de β (fonctions de α seulement).

On rencontre ces fonctions $u(\alpha, \beta)$, qui sont caractérisées comme intégrales de l'équation (4), dans plusieurs questions d'analyse, par exemple dans la théorie des équations intégrales (1).

---

(1) V. VOLTERRA, *Fonctions de lignes*, Chap. XII, Gauthier-Villars, 1913.

3. Si l'équation (4) est satisfaite par la dérivée deuxième

$$F''[y(t);\, \alpha, \beta] = u(\alpha, \beta)$$

de F, quel que soit $y(t)$, on aura alors, pour la symétrie par rapport à α et β (en choisissant convenablement les fonctione v_r),

$$F''[y(t);\, \alpha, \beta] = \sum_{1}^{m}{}_{rs}\, a_{rs} v_r(\alpha) v_s(\beta) \tag{5}$$

avec $a_{rs} = a_{sr}$; et pour la dérivée $p^{\text{ième}}$ $F^{(p)}[y(t);\, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p]$ (fonction symétrique de $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$)

$$F^{(p)}[y(t);\, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p] = \sum_{1}^{m}{}_{r_1 r_2 \ldots r_p} a_{r_1 r_2 \ldots r_p} v_{r_1}(\alpha_1)\, v_{r_2}(\alpha_2) \ldots v_{r_p}(\alpha_p).$$

Le terme général du développement de $F[y(t)]$ en série de Volterra généralisée (1)

$$F[y(t)] = F(y_0(t) + \alpha(t)] = F[y_0(t)] + \sum_{1}^{\infty}{}_p \frac{1}{p!} F^{(\alpha)}\left[y_0(t);\, \underset{*}{\alpha_1}, \underset{*}{\alpha_2}, \ldots, \underset{*}{\alpha_p}\right] \varphi(\overset{*}{\alpha}_1)\, \varphi(\overset{*}{\alpha}_2), \ldots, \varphi(\overset{*}{\alpha}_p)$$

sera donc

$$\frac{1}{p!} F^{(p)}\left[y_0(t);\, \underset{*}{\alpha_1}, \underset{*}{\alpha_2}, \ldots, \underset{*}{\alpha_p}\right] \varphi(\overset{*}{\alpha}_1)\, \varphi(\overset{*}{\alpha}_2), \ldots, \varphi(\overset{*}{\alpha}_p)$$
$$= \frac{1}{p!} \sum_{1}^{m}{}_{r_1 r_2 \ldots r_p} a_{r_1 r_2 r_p} (L_{r_1} - k_{r_1})\, (L_{r_2} - k_{r_2}), \ldots, (L_{r_p} - k_{r_p},$$

où

$$L_{r_p} - k_{r_p} = L_r[y(t)] - L_r[y_0(t)] = L_r[\varphi(t)] = v_r(\underset{*}{\alpha})\, \varphi(\overset{*}{\alpha}).$$

On voit donc que $F''[y(t);\, \alpha, \beta]$ *satisfait à l'équation* (4) *quel que soit* $y(t)$, $F[y(t)]$ *a la forme* (1).

Dans ce cas il est à remarquer que les m fonctions $v_r(\alpha)$ [si m est le nombre entier plus petit pour lequel (4) est satisfaite] qui figurent dans (3) et (5), et les m fonctionnelles linéaires $L_r[y(t)]$, dont elles sont les indicatrices, ne sont déterminées qu'à une substitution linéaire à coefficients constants près; ce qu'on pouvait prévoir *a priori*.

---

(1) L. FANTAPPIÈ, *I funzionali analitici non lineari* (*Rend. R. Acc. dei Lincei*, 6e série, 3, 1er sem. 1926, p. 529).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions de Legendre de première espèce et certaines fonctions associées.* Note [1] de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

Partons de l'identité connue

$$\frac{1}{\sqrt{1-2zh+h^2}} = \frac{1}{\pi i}\int_{(C)} \frac{dt}{At^2+2Bt+C}, \tag{1}$$

où $\sqrt{B^2-AC} = \sqrt{1-2zh+h^2}$ et où (C) entoure le seul pôle $\frac{-B+\sqrt{B^2-AC}}{A}$. Le développement cherché suivant les puissances entières de h conduit à poser

$$At^2+2Bt+C \equiv at^2+2bt+c-h(a't^2+2b't+c'),$$

les $a, b, \ldots, c'$ ne dépendant que de z, et tels que l'on ait

$$\begin{cases} b^2-ac = b'^2-a'c' = 1, \\ ac'+ca'-2bb' = -2z. \end{cases} \tag{2}$$

Sous ces seules conditions, on a, pour le polynome de Legendre $P_m(z)$,

$$P_m(z) = \frac{1}{\pi i}\int_{(C)} \frac{(a't^2+2b't+c')^m}{(at^2+2bt+c)^{m+1}}\,dt. \tag{3}$$

C'est encore l'expression de la fonction de Legendre, m étant quelconque, (C) entourant les deux points $\tau_1 = \frac{-b+1}{a}$, $\sigma_1 = \frac{-b'+1}{a'}$, et non $\tau_2 = \frac{-b-1}{a}$, $\sigma_2 = \frac{-b'-1}{a'}$, sans traverser $\sigma_2\tau_2$. Les intégrales de Schläfli et de Laplace sont des cas particuliers de (3), et, réciproquement, (3) se déduit de celle de Schäfli par une transformation homographique de t.

L'identité classique $P_m = P_{-m-1}$ s'explique alors aisément. Changer m en $-m-1$ revient, dans (3), à permuter a, b, c avec a', b', c', ce qui ne change pas z, et ne crée aucune discontinuité de situation entre le contour (C) et les quatre points critiques $\tau_1, \tau_2, \sigma_1, \sigma_2$.

En supposant que σ_1 soit seul fonction de z, l'identité

$$R(\sigma_1, \sigma_2, \tau_1, \tau_2) = \frac{z-1}{z+1}$$

montre qu'il en sera une fonction homographique, soit $\sigma_1 = \frac{\alpha z+\beta}{\gamma(z-z_0)}$.

---

[1] Séance du 28 juin 1926.

Si z vérifie les inégalités

$$(4)\qquad \left|\frac{z-1}{z-z_0}\right| < 1 \quad \text{et} \quad \left|\frac{2}{1+z_0}\right|,$$

on peut choisir (C) de façon que sur ce contour $|t-\tau_1| > |\sigma_1 - \tau_1|$, ce qui permet de développer $(t-\sigma_1)^m$ suivant les puissances décroissantes de $t-\tau_1$. On obtient ainsi le développement

$$(5)\qquad P_m(z) = \left(\frac{z-z_0}{1-z_0}\right)^m \sum_{k=0}^{\infty} \binom{m}{k}^2 F\left(m+1, -k, m-k+1; \frac{1+z_0}{2}\right)\left(\frac{z-1}{z-z_0}\right)^k.$$

Le domaine (4) est ou un cercle ou un demi-plan; un développement de la forme (5) peut être donné, quel que soit $z \neq -1$.

Les développements relatifs à $z_0 = -1$ et $z_0 = \infty$ sont, en particulier, bien connus.

La fonction de t

$$\left[\frac{Q(t)}{P(t)}\right]^m \equiv \left(\frac{a't^2 + 2b't + c'}{at^2 + 2bt + c}\right)^m$$

admet, relativement au groupe projectif, un invariant essentiel z indépendant de t, et un autre $\xi = R(t, \sigma_2, \tau_1, \sigma_2)$, fonction de t et des coefficients. Cette fraction, uniforme dans toute couronne entourant τ_1 et σ_1 seuls, admet le développement de Laurent

$$(6)\qquad \left(\frac{Q}{P}\right)^m = \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n^m R(t, \sigma_2, \tau_1, \tau_2)^n,$$

si $\mathcal{R}(z) > 0$. Les J_n^m sont donc des fonctions de z, avec

$$(7)\qquad J_m^n(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{(C)} \left(\frac{Q}{P}\right)^m \frac{d\xi}{\xi^{n+1}}.$$

On a

$$J_m^0(z) = P_m(z)$$

et, n étant > 0,

$$(8)\qquad \begin{cases} J_m^n(z) = \dfrac{(-z-1)^n}{(m+1)(m+2)\ldots(m+n)} \dfrac{d^n P_m(z)}{dz^n}, \\ J_m^{-n}(z) = \dfrac{(-z+1)^n}{(m+1)(m+2)\ldots(m+n)} \dfrac{d^n P_m(z)}{dz^n}. \end{cases}$$

Ces fonctions, associées à $P_m(z)$, vérifient l'équation

$$(1-z^2)\frac{d^2y}{dz^2} - 2(z+n)\frac{dy}{dz} + m(m+1)y = 0,$$

ainsi que des relations de récurrence analogues à celles de $P_m(z)$ et des fonctions de Hobson $P_m^n(z)$. L'intégrale (7) prend aisément la forme de Laplace, mais l'intégrale définie obtenue est évidemment la même que pour $P_m^n(z)$.

Enfin on peut donner de $J_m^n(z)$ un développement en série entière de $\frac{z-1}{z-z_0}$, valable dans le domaine (4), les coefficients étant des polynomes hypergéométriques de $\frac{1+z_0}{2}$, savoir

$$(9)\quad J_m^n(z)=(-1)^n\left(\frac{z-z_0}{1-z_0}\right)^m \times\sum_{k=0}^{\infty}\binom{m}{k}\binom{m}{n+k}F\left(-k,\ m+1,\ m-n-k+1;\ \frac{1+z_0}{2}\right)\left(\frac{z-1}{z-z_0}\right)^k.$$

En particulier, $z_0=-1$ et $z_0=\infty$ donnent les développements

$$J_m^n(z)=(-1)^n\left(\frac{z+1}{2}\right)^m\sum_{k=0}^{\infty}\binom{m}{k}\binom{m}{n+k}\left(\frac{z-1}{z+1}\right)^k,$$

$$J_m^n(z)=(-1)^n\binom{m}{n}F\left(-m,\ m+1,\ n+1;\ \frac{1-z}{2}\right)\qquad(n>0),$$

$$J_m^{-n}(z)=\binom{m}{n}\left(\frac{1-z}{2}\right)^n F\left(n-m,\ n+m+1,\ n+1;\ \frac{1-z}{2}\right)\qquad(n>0).$$

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement d'un liquide remplissant un domaine simplement connexe qui se déplace.* Note (¹) de M. N. GUNTHER, présentée par M. Hadamard.

1. Soit donné un domaine simplement connexe (R_t), limité par une surface (S_t), qui change de position dans l'espace avec le temps t en gardant un volume invariable. Supposons que, en chaque point M de (S_t), l'une des coordonnées rectangulaires x_1, x_2, x_3 ait, par rapport aux deux autres, des dérivées des trois premiers ordres régulièrement continues.

Supposons le domaine (R_t) rempli d'un liquide en mouvement sous l'action de forces ayant un potentiel et supposons que, à l'instant initial $t=0$, on donne les composantes $\omega_1^{(0)}$, $\omega_2^{(0)}$, $\omega_3^{(0)}$ du tourbillon, les fonctions $\omega_i^{(0)}$ ayant des dérivées premières régulièrement continues.

(¹) Séance du 7 juin 1926.

On peut démontrer que la donnée de ces fonctions $\omega_i^{(0)}$ détermine complètement le mouvement du liquide dans un intervalle $0 \leqq t < \tau$. Cette démonstration a été esquissée une première fois dans un remarquable travail de M. Lichtenstein (¹).

2. La démonstration est basée sur les formules permettant d'exprimer les composantes de la vitesse u_1, u_2, u_3 par les composantes du tourbillon ω_1, ω_2, ω_3 (²).

Soit $\mathfrak{S}$ la fonction harmonique continue dans l'extérieur de (R_t) répondant, sur S_t, à la condition

$$(1)\qquad \left(\frac{d\mathfrak{S}}{dn}\right)_e = \omega_1 \cos(Nx_1) + \omega_2 \cos(Nx_2) + \omega_3 \cos(Nx_3),$$

où N est la direction de la normale extérieure de (S_t). On a pour u_3, par exemple,

$$(2)\qquad u_1 = \frac{1}{4\pi}\left\{\frac{\partial}{\partial x_2}\int_{(R_t)}\frac{\omega_3\, d\tau}{r} - \frac{\partial}{\partial x_3}\int_{(R_t)}\frac{\omega_2\, d\tau}{r} + \int_{(S_t)}\left[\frac{\partial\mathfrak{S}}{\partial\xi_2}\cos(Nx_3) - \frac{\partial\mathfrak{S}}{\partial\xi_3}\cos(Nx_2)\right]\frac{d\sigma}{r}\right\} + \frac{\partial\varphi}{\partial x_1},$$

où φ est une fonction harmonique dans (R_t) répondant, sur (S_t), à la condition

$$(3)\qquad u_1 \cos(Nx_1) + u_2 \cos(Nx_2) + u_3 \cos(Nx_3) = W_n,$$

W_n étant la composante normale de la vitesse d'un point de (S_t); les lettres ξ_1, ξ_2, ξ_3 remplacent les lettres x_1, x_2, x_3, dans les fonctions, sous le signe d'intégration; r est la distance d'un point (x_1, x_2, x_3) au point variable (ξ_1, ξ_2, ξ_3).

Les formules (2), sous la condition (3), définissent un mouvement du liquide dans (R_t), si l'on satisfait aux équations de Helmholtz

$$(4)\qquad \frac{d\omega_i}{dt} = \omega_1\frac{\partial u_i}{\partial x_1} + \omega_2\frac{\partial u_i}{\partial x_2} + \omega_3\frac{\partial u_i}{\partial x_3} \qquad (i = 1, 2, 3),$$

3. Nous chercherons les fonctions ω_1, ω_2, ω_3, en supposant données les $\omega_i^{(0)}$, par la méthode des approximations successives de manière qu'elles

---

(¹) *Math. Zeitschrift*, 23, 1925, p. 111.

(²) N. Gunther, *Sur le mouvement d'un liquide enfermé dans un vase* (*C. R. de l'Académie de U. R. S. S.*, décembre 1925, p. 152-155).

satisfassent aux conditions (3) et (4). Nous partons des fonctions

$$u_i^{(0)} = \frac{\partial \varphi_0}{\partial x_i} \qquad (i = 1, 2, 3), \tag{5}$$

dans lesquelles φ_0 est une fonction harmonique continue dans (R_t), ayant, sur S_t, une dérivée normale égale à W_n.

Ayant à notre disposition les fonctions $u_1^{(m)}$, $u_2^{(m)}$, $u_3^{(m)}$, nous formons les fonctions $u_1^{(m+1)}$, $u_2^{(m+1)}$, $u_3^{(m+1)}$ en utilisant les formules (2) après avoir substitué, à la place des ω_i, ϑ, φ, les fonctions $\omega_i^{(m+1)}$, ϑ_{m+1}, φ_{m+1}, où

$$\omega_i^{(n+1)} = \omega_1^{(0)} \frac{\partial x_1^{(m)}}{\partial q_i} + \omega_2^{(0)} \frac{\partial x_2^{(m)}}{\partial q_i} + \omega_3^{(0)} \frac{\partial x_3^{(m)}}{\partial q_i} \qquad (i = 1, 2, 3) \tag{6}$$

et $x_1^{(m)}$, $x_2^{(m)}$, $x_3^{(m)}$ forment une solution du système

$$\frac{dx_i^{(m)}}{dt} = u_i^{(m)}[x_1^{(m)}, x_2^{(m)}, x_3^{(m)}, t] \qquad (i = 1, 2, 3) \tag{7}$$

avec $x_i^{(m)} = q_i$ pour $t = 0$. Le système (7) possède une pareille solution dans laquelle les fonctions $x_i^{(m)}$ sont continues avec leurs dérivées premières dans (R_0), (q_1, q_2, q_3) étant un point dans (R_0), si, sur S_t, la condition

$$u_1^{(m)} \cos(Nx_1) + u_2^{(m)} \cos(Nx_2) + u_3^{(m)} \cos(Nx_3) = W_n \tag{3'}$$

est vérifiée ([1]). Les fonctions $\omega_i^{(m+1)}$ peuvent également s'exprimer en fonction de x_1, x_2, x_3. La fonction ϑ_{m+1} est définie par une condition analogue à (1) et la fonction φ_m est telle que la condition (3') soit vérifiée.

Nous trouvons les u_1, u_2, u_3 comme les sommes de séries uniformément convergentes et une fois dérivables dans (R_t).

4. Pour démontrer que les fonctions u_1, u_2, u_3 satisfont au système

$$\frac{du_i}{dt} = \frac{\partial u_i}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_i}{\partial x_1} + u_2 \frac{\partial u_i}{\partial x_2} + u_3 \frac{\partial u_i}{\partial x_3} = \frac{\partial \Pi}{\partial x_i} \qquad (i = 1, 2, 3) \tag{8}$$

nous montrons que les fonctions u_i ont des dérivées $\frac{du_i}{dt}$, ce qui suffit, comme l'on s'en assure facilement. On obtient aussi aisément la pression p.

5. On peut étendre facilement tous les résultats au cas où il n'existe pas un potentiel des forces, en changeant légèrement les équations (4), (5) et (8).

([1]) N. Gunther, *Sur l'équation* $\frac{\partial V}{\partial t} + u\frac{\partial V}{\partial x} + v\frac{\partial V}{\partial y} + w\frac{\partial V}{\partial z} = f$ (*Recueil Math. de Moscou*, 32, 1925, p. 279-304).

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les écarts des valeurs de la fréquence des tourbillons alternés par rapport à la loi de similitude dynamique.* Note [1] de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Brillouin.

Dès 1878, V. Strouhal [2] avait trouvé que la hauteur des sons donnés par un bâton de diamètre D déplacé dans l'air avec la vitesse V satisfait, entre certaines limites, à la relation empirique

$$\frac{ND}{V} = S,$$

S étant une constante. Lord Rayleigh [3] montra que, plus généralement, le *principe de similitude dynamique* permet de prévoir pour les fréquences N des sons éoliens une équation de la forme

$$S = f\left(\frac{1}{R}\right), \qquad \text{où } R = \frac{VD}{\nu},$$

R et S étant deux paramètres sans dimensions; on sait que R est le *paramètre de Reynolds;* j'appellerai S le *paramètre de Strouhal.*

A la suite de mes premières publications sur les tourbillons alternés dans les liquides, F. Krüger et A. Lauth [4], puis lord Rayleigh [5], reprenant la discussion des expériences de Strouhal, eurent l'idée d'expliquer les *sons de bâton* et les *sons éoliens* par les tourbillons alternés dus au déplacement relatif du bâton ou du fil métallique et de l'air [6].

Il est à noter que si les deux rapports a et b de Kármán étaient des constantes pour des obstacles semblables, il en serait de même du para-

(1) Séance du 28 juin 1926.

(2) *Wied. Ann.*, 5, 1878, p. 216.

(3) *Theory of Sound*, 2e édition, 2, 1896, p. 413.

(4) *Ann. der Phys.*, 44, 1914, p. 801.

(5) *Phil. Mag.*, 29, 1915, p. 433.

(6) Dans l'intervalle, D. Riabouchinsky (*L'Aérophile*, 19, 1er janvier 1911, p. 15) avait montré la périodicité des tourbillons en entretenant les oscillations d'un pendule synchrone immergé dans un courant d'eau ou d'air; Kármán et Rubach (*loc. cit.*, 1912) avaient donné la théorie dont j'ai déjà parlé; enfin G. von dem Borne (*Zeits. für Flugtechnik*, 3, 1912, p. 30) avait réalisé également ces tourbillons dans l'air, avec de la fumée de tabac. D'après Kármán, C. Runge aurait le premier songé à établir une relation entre les tourbillons périodiques et les sons de bâton.

mètre de Strouhal S égal à $\frac{1-a}{b}$. Mais j'ai montré [1] qu'il n'en est rien : en fait, dans mes propres expériences, R variant de 73 à 1202, S a varié de 0,092 à 0,250.

Dans son important travail sur les sons éoliens des fils à section circulaire dans l'air et dans l'eau, E. F. Relf [2] coordonne ses résultats, suivant la loi de Rayleigh, en portant R (ou log R) en abscisses et S en ordonnées. Pour la tranche des abscisses R comprises entre 110 et 350, Relf trouve les deux courbes de l'air et de l'eau en assez bonne concordance (mais elles n'y ont respectivement que 3 et 5 points); au delà de R = 350, toutes ses expériences se rapportent à l'air.

J'adopterai également le plan (R, S) pour représenter les 71 points relatifs aux quatre liquides que j'ai employés, chaque film donnant un point, savoir :

	ν compris entre
15 pour le métaxylol	73 et 74.10⁻⁴ C.G.S.
24 pour l'eau	100 et 125 »
21 pour l'eau sucrée ($c = 20$)	189 et 199 »
11 pour l'eau sucrée ($c = 37,2$)	449 et 535 »

Le résultat essentiel est le suivant : les points se placent sur 4 courbes différentes, et non sur une seule; il y a bien, à cause des points aberrants, empiètement partiel des domaines des 4 liquides, deux à deux. Mais les courbes représentant *au mieux* les observations relatives à chacun d'eux forment nettement un faisceau de courbes concaves vers le bas, s'emboîtant les unes dans les autres dans l'ordre des viscosités décroissantes. Pour les amener à coïncider à peu près, il faudrait contracter ou dilater les abscisses de quantités considérables, comme si des erreurs tout à fait inadmissibles avaient été commises sur les valeurs absolues des viscosités [3].

Pour l'eau, la comparaison avec la courbe de Relf, pour la tranche des

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1523.

(2) *Phil. Mag.*, **42**, 1921, p. 173, et **49**, 1925, p. 509.

(3) Il faudrait augmenter de 25 pour 100 celle du métaxylol; diminuer de 20 et 33 pour 100 celles des deux solutions de sucre : or, à chaque course, la température du liquide avait été mesurée à 0°,1 près, ce qui a permis d'interpoler les valeurs de ν d'après Thorpe et Rodger pour le xylol, d'après Leroux (1925) pour l'eau; d'après Hosking (1900) pour les solutions de sucre : pour ces dernières, on a interpolé graphiquement à la fois pour les concentrations et pour les températures : la précision, un peu moindre, reste encore bonne.

abscisses commune à nos deux travaux, ne donne pas un très bon accord : la courbe de Relf, moins rapidement ascendante, coupe la mienne vers $R = 350$, sous un angle notable.

En résumé, mes expériences sur les tourbillons alternés dans les liquides conduisent à des résultats en désaccord appréciable avec la loi de similitude dynamique, écarts qui me paraissent ne pouvoir être tous attribués à des erreurs de mesures [1].

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La quantification déduite de la Gravifique einsteinienne.* Note de MM. **Th. De Donder** et **Fr. H. van den Dungen**, présentée par M. Hadamard.

Reportons-nous à l'équation (9) de la Note [2] parue dans ces *Comptes rendus* et due à l'un des auteurs de celle-ci. Introduisons la fonction invariante F_ν au moyen de

$$(1) \qquad k S_\nu = ln F_\nu \qquad (\nu = 1, \ldots, N)$$

où k représente une constante universelle. Cette équation (9) devient alors

$$(2) \qquad I_\nu \equiv \sum_\varphi \sum_\psi g_*^{\varphi\psi} \left(\frac{\partial F_\nu}{\partial q_\varphi} - k \tau_\nu^{(e)} \Phi_\varphi^* F_\nu \right) \left(\frac{\partial F_\nu}{\partial q_\psi} - k \tau_\nu^{(e)} \Phi_\psi^* F_\nu \right) - (k \tau_\nu^{(m)} F_\nu)^2 = 0.$$

Prenons, par rapport à F_ν, la dérivée variationnelle du multiplicateur $I \sqrt{-g_*}$; d'où

$$(3) \qquad \frac{\delta (I_\nu \sqrt{-g_*})}{\delta F_\nu} \equiv \frac{\partial (I_\nu \sqrt{-g_*})}{\partial F_\nu} - \sum_{\varphi=1}^{f} \frac{\partial}{\partial q_\varphi} \left[\frac{\partial (I_\nu \sqrt{-g_*})}{\partial \frac{\partial F_\nu}{\partial q_\varphi}} \right].$$

---

(1) C'est aussi la conclusion de E. G. Richardson, auteur d'un autre travail récent sur les sons éoliens (*Proc. Phys. Soc. of London*, 36, 1924, p. 153); les fréquences des tourbillons y sont mesurées par les méthodes les plus variées dans l'air, dans l'eau et dans une solution de mélasse, R variant de 32 à 543, et S de 0,09 à 0,30, donc à peu près comme dans mes propres expériences.

Lors de la discussion qui a suivi la Communication de E. G. Richardson à la *Physical Society*, C. V. Drysdale propose comme une idée nouvelle ma méthode optique des rayons aberrants pour enregistrer les tourbillons.

(2) Th. De Donder, *Application de la relativité aux systèmes atomiques et moléculaires* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1380-1382).

En développant les calculs dans (3), on est amené à poser :

(4) $$\Delta_q F_\nu \equiv \frac{1}{\sqrt{-g_*}} \sum_\varphi \sum_\psi \frac{\partial}{\partial q_\varphi}\left(g_*^{\varphi\psi}\sqrt{-g_*}\,\frac{\partial F_\nu}{\partial q_\psi}\right);$$

(5) $$D \equiv \frac{1}{\sqrt{-g_*}} \sum_\varphi \sum_\psi \frac{\partial}{\partial q_\varphi}(g_*^{\varphi\psi}\sqrt{-g_*}\,\Phi_\psi^*);$$

(6) $$E \equiv \sum_\varphi \sum_\psi g_*^{\varphi\psi}\Phi_\varphi^*\Phi_\psi^*.$$

Égalant la dérivée variationnelle (3) *à zéro,* c'est-à-dire *en extrémant*

$$\int I_\nu\sqrt{-g_*}\,dq_1\ldots dq_f,$$

nous obtenons, en utilisant les notations (4), (5) et (6),

(7) $$\Delta_q F_\nu - k\tau_\nu^{(e)} D F_\nu - k^2(E\tau_\nu^{(e)2} - \tau_\nu^{(m)2})F_\nu = 0.$$

Nous pourrons disposer des potentiels $\Phi_\psi^*(\psi = 1, \ldots, f)$ de manière qu'on ait $D = 0$; c'est la généralisation de l'équation complémentaire de Maxwell. Ainsi, (7) devient

(8) $$\Delta_q F_\nu + R_\nu F_\nu = 0 \qquad (\nu = 1, \ldots, N),$$

où l'on a écrit

(9) $$R_\nu \equiv k^2(\tau_\nu^{(m)2} - E\tau_\nu^{(e)2}).$$

L'équation (8) doit être vérifiée en tout point de l'espace des configurations $q_1, \ldots, q_f$; elle peut être remplacée par l'*équation intégrale de Fredholm :*

$$F_{\nu P} = \int_q G_{\nu PM} R_{\nu M} F_{\nu M}\,\delta q_1\ldots\delta q_f,$$

P et M étant deux points de l'espace q et $G_{\nu PM}$ représentant la fonction de Green correspondante, à un facteur constant près. On a supposé que F_ν est donné sur la surface limitant l'espace q, ou, si l'espace q est illimité, que F_ν tend vers zéro comme $r^{(1-f)}$ pour $f > 1$, ou comme $\log r$, pour $f = 1$; le symbole r représente la distance radiale dans l'espace des configurations défini par

$$(\delta s)^2 \equiv \sum_\varphi \sum_\psi g_{\varphi\psi}^*\,\delta q_\varphi\,\delta q_\psi.$$

L'équation intégrale (10) peut encore être écrite quand le phénomène est périodique par rapport à certains degrés de liberté.

L'équation intégrale homogène (10) n'admettra de solution F_ν non identiquement nulle que pour une suite de valeurs déterminées et distinctes [1] de R_ν. On obtient ainsi *la quantification grâce à la Gravifique einsteinienne*.

Ces résultats sont à rapprocher des importantes recherches de M. E. Schrödinger [2] concernant la quantification de certains systèmes *non* relativistiques.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La mécanique ondulatoire de Schrödinger; une méthode générale de résolution par approximations successives.* Note de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. Marcel Brillouin.

1. Schrödinger, développant les idées de L. de Broglie, a précisé récemment les grands traits d'une mécanique atomique ondulatoire [3]. Soit un système atomique, dont l'énergie potentielle est $V(q^1, \ldots, q^n)$, tandis que l'énergie cinétique T a pour expression

$$(1) \qquad 2T = \sum_{k,l} m_{kl}\, \dot{q}^k \dot{q}^l = \sum_{k,l} m^{kl} p_k p_l.$$

Les m^{kl} sont des fonctions des coordonnées $q^k\ldots$, et nous appellerons m le déterminant des m^{kl}. L'équation classique de Hamilton s'écrit

$$(2) \qquad \sum_{k,l} m^{kl} \frac{\partial W_0}{\partial q^k} \frac{\partial W_0}{\partial q^l} + 2(V - E) = 0,$$

E représentant la constante de l'énergie. Schrödinger aboutit à l'équation générale suivante :

$$(3) \qquad m^{\frac{1}{2}} \sum_{k,l} \frac{\partial}{\partial q^k} \left\{ m^{-\frac{1}{2}} m^{kl} \frac{\partial \psi}{\partial q^l} \right\} - \frac{8\pi^2}{h^2}(V - E)\psi = 0,$$

où h est la constante de Planck. Les niveaux d'énergie quantifiés E sont les

---

(1) Nous supposons ici que le noyau de l'équation (10) ne possède pas de points d'indétermination ou de singularités essentielles.

(2) *Annalen der Physik*, Leipzig, 1926, vierte Folge, 79, p. 361-376, 489-527, 734-756.

(3) L. de Broglie, *Thèse;* E. Schrödinger, *Ann. der Phys.*, 79, 1926, p. 361, 489, 734; l'équation (3) ci-dessus se trouve dans Schrödinger, p. 310, équation (18), et p. 748, équation (31).

valeurs propres de cette équation, c'est-à-dire celles pour lesquelles on peut trouver une fonction ψ continue, finie et uniforme dans toute l'extension en phase q.

2. Je veux montrer que l'équation (3) peut être résolue par approximations successives, la première approximation redonnant l'ancienne mécanique quantique. Je pose

$$\psi = e^{\frac{2\pi i}{h} \mathrm{W}}; \tag{4}$$

l'équation (3) donne alors

$$\sum_{k,l} m^{kl} \frac{\partial \mathrm{W}}{\partial q^k} \frac{\partial \mathrm{W}}{\partial q^l} + 2(\mathrm{V}-\mathrm{E}) = -\frac{h}{2\pi i} m^{\frac{1}{2}} \sum_{k,l} \frac{\partial}{\partial q^k} \left\{ m^{-\frac{1}{2}} m^{kl} \frac{\partial \mathrm{W}}{\partial q^l} \right\}. \tag{5}$$

Cette équation diffère de celle de Hamilton (2) par l'adjonction du second membre, lequel est très petit d'après la valeur de h. Pour que la fonction ψ n'ait, en chaque point, qu'une détermination, alors que W est une fonction multiforme, il faut que W soit tel que ses résidus I_k soient des multiples entiers de h

$$\mathrm{I}_k = n_k h. \tag{6}$$

Partant d'un point de l'extension en phase, avec une valeur W, et y revenant après un circuit fermé quelconque, on retrouvera une détermination $\mathrm{W} + \mathrm{N}h$ qui redonnera la même valeur de ψ. Ce sont les conditions ordinaires de quantification, interprétées comme des conditions de résonance au sens de L. de Broglie.

3. L'équation (5) peut se résoudre par approximations successives en posant

$$\mathrm{W} = \mathrm{W}_0 - \frac{h}{2\pi i} \mathrm{W}_{(1)} + \ldots + \left(\frac{-h}{2\pi i}\right)^n \mathrm{W}_{(n)} + \ldots. \tag{7}$$

La première approximation est donnée par l'équation classique de Hamilton (2). Les suivantes sont

$$2\sum_{k,l} m^{kl} \frac{\partial \mathrm{W}_0}{\partial q^k} \frac{\partial \mathrm{W}_{(1)}}{\partial q^l} = m^{\frac{1}{2}} \sum_{k,l} \frac{\partial}{\partial q^k} \left\{ m^{-\frac{1}{2}} m^{kl} \frac{\partial \mathrm{W}_0}{\partial q^l} \right\}, \tag{8}$$

$$2\sum_{k,l} m^{kl} \frac{\partial \mathrm{W}_0}{\partial q^k} \frac{\partial \mathrm{W}_{(n)}}{\partial q^l} = \mathrm{F}(\mathrm{W}_0, \mathrm{W}_{(1)}, \ldots, \mathrm{W}_{(n-1)}). \tag{9}$$

L'expression F contient les dérivées des fonctions connues par les approximations précédentes.

Nous trouvons donc, comme première approximation, l'équation de Hamilton combinée aux conditions (6), c'est-à-dire l'ancienne mécanique quantique. Les approximations ultérieures ne comportent que des équations linéaires, et constituent la nouveauté de la mécanique de Schrödinger.

4. Lorsque les variables se séparent dans la fonction de Hamilton, la première approximation se résout par des quadratures portant isolément sur chaque variable; mais les approximations ultérieures établiront un couplage entre ces variables, car on n'y retrouvera pas, en général, la séparation.

Il y a séparation complète, si V et T se présentent comme des sommes de termes portant chacun sur une variable

$$(10)\qquad V=\sum_k V_{\{k\}}(q^k) \quad \text{et} \quad 2T=\sum_k m^{kk}(q^k)\dot{p}_k^2 \quad \text{avec } m^{kl}=0 \quad (k\neq l).$$

On a alors

$$m=|m^{kl}|=m^{11}m^{22}\ldots m^{kk}\ldots m^{nn}.$$

Cherchons une solution de la forme

$$(12)\qquad W=\sum_k u_{\{k\}}(q^k)$$

et nous obtenons des équations séparées, du type suivant

$$(13)\qquad m^{kk}\left(\frac{\partial u_{\{k\}}}{\partial q^k}\right)^2+2V_{\{k\}}-2\alpha_{\{k\}}=-\frac{h}{2\pi i}\sqrt{m^{kk}}\frac{\partial}{\partial q^k}\sqrt{m^{kk}}\frac{\partial u_{\{k\}}}{\partial q^k},$$

avec la condition auxiliaire

$$\sum_k \alpha_{\{k\}}=E.$$

Ces équations se résolvent aisément par approximations successives, au moyen de simples quadratures.

La mécanique de Schrödinger admet donc l'ancienne mécanique quantique comme première approximation, mais établit en général des couplages supplémentaires entre les variables.

PHYSIQUE. — *L'hélium solidifié.* Note de M. **W.-H. Keesom.**

Le 25 juin l'hélium fut comprimé dans un mince tube en laiton formant communication entre deux tubes en maillechort. Le tube en laiton et partie

des deux tubes en maillechort étaient plongés dans un bain d'hélium liquide. A une pression de 130^{atm} le système se montrait bloqué. Le blocage disparut lorsque la pression fut diminuée de 1^{atm}. La température de cette expérience était un peu incertaine.

Après diminution de la pression du bain d'hélium liquide, le même phénomène fut observé à la température d'environ 3°,2 K. à 86^{atm}, et à la température d'environ 2°,2 K. à 50^{atm}. La régularité du phénomène fit présumer que c'était la courbe de solidification de l'hélium qui avait été observée.

La répétition de l'expérience au 1er juillet donna la confirmation des observations faites la première fois. A 4°,2 K. l'hélium se solidifiait à 150^{atm}. La courbe de solidification fut prolongée jusqu'à 1°,1 K.; l'hélium se solidifiait alors à 26^{atm}. Les valeurs numériques exactes seront données ailleurs. A partir de 2° K. la ligne de solidification se courbe pour prendre aux températures plus basses une direction presque parallèle à l'axe des T. Ainsi l'hélium semble ne pas avoir de point triple solide-liquide-gaz.

Enfin l'hélium fut comprimé dans un tube en verre muni d'un agitateur magnétique de Kuenen. Les observations sur la solidification furent confirmées. On vit l'agitateur s'arrêter quand l'hélium se solidifiait. Dans une expérience partie de la substance était liquide, partie solide. On pouvait marteler le bloc solide avec l'agitateur, qui se trouvait dans la partie liquide. Néanmoins une surface limite entre la partie solide et la partie liquide n'était pas visible. L'hélium solide forme une masse homogène et transparente, dont probablement l'indice de réfraction ne diffère qu'extrêmement peu de celui du liquide.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de dérivés cycliques.* Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons comparé, entre 2$^{\mu}$,85 et 8$^{\mu}$, les spectres d'absorption de dérivés benzéniques, cyclohexéniques et cyclohexaniques, c'est-à-dire de composés dont la représentation admise généralement comporte trois, un ou zéro doubles liaisons :

Benzène	Cyclohexène	Cyclohexane
CH	CH^2	CH^2
CH CH	CH^2 CH	CH^2 CH^2
CH CH	CH^2 CH	CH^2 CH^2
CH	CH^2	CH^2

Sauf pour les dérivés benzéniques, ces spectres d'absorption apparaissent comme nouveaux, ou, s'ils ont déjà été examinés, en premier lieu, par nous [1], le dispositif actuel [2] permet une détermination beaucoup plus exacte des bandes (à $0^{\mu},01$ près en moyenne).

Le rôle des liaisons, ainsi que nous l'avions déjà indiqué, reste difficile à expliciter : elles ne donnent pas de bandes propres dans notre domaine, mais un renforcement de l'absorption dans certaines régions, en réunissant, par exemple, plusieurs petites bandes en une seule vers 6^{μ}, dans le passage des dérivés du cyclohexane à ceux du cyclohexène. Tous les spectres indiqués ici présentent une ressemblance due probablement au caractère cyclique des corps, mais qui laisse néanmoins mettre en relief certaines particularités.

D'une manière générale, on rencontre pour tous ces corps deux fortes zones d'opacité, vers $3^{\mu},5$ et vers 7^{μ}, séparées par un domaine de faible absorption qui comporte un certain nombre de bandes peu intenses. Quand on passe des corps de la série benzénique aux corps cyclohexaniques, il y a un décalage très net des deux bandes principales vers des plus grandes longueurs d'onde : celle de $3^{\mu},3$ émigre à $3^{\mu},6$ environ et celle de $6^{\mu},8$ se décale à $6^{\mu},97$ (cyclohexane et dérivés) et à $7^{\mu},00$ (cyclohexène et dérivés). L'introduction d'un groupe méthyle fait apparaître une bande forte à $7^{\mu},40$ ou rend cette bande beaucoup plus intense, si elle existait déjà. Les groupes CO, OH et CO dans la cyclohexanone, le cyclohexanol et l'acétate de cyclohexyle rendent le spectre beaucoup plus simple, en supprimant presque entièrement les bandes faibles entre $3^{\mu},5$ et $6^{\mu},5$; mais leur apparition détermine de nouvelles régions d'opacité caractéristiques de ces fonctions. La liaison acétylénique du cyclohexylpropine se manifeste par une intensité assez forte de la bande de $6^{\mu},13$ et par une bande intense vers 8^{μ}, en conformité avec nos résultats antérieurs [3].

Voici, résumés en un tableau, les maxima d'absorption nouveaux, les plus intenses étant indiqués par un astérisque (épaisseur moyenne de la cuve $0^{mm},1$) :

---

(1) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1530.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 825.

(3) Nous maintenons cette longueur d'onde, malgré des mesures de L. Marton, *Zts. f. phys. Chem.*, **117**, 1925, p. 97.

	Bandes d'absorption.											Autres bandes.		
e..........	3,16	3,60*	3,90	4,30	4,65	5,15	5,45	6,03	6,17	6,97*	7,56	3,26	5,67	»
hexane.....	3,16	3,58*	3,81	4,47	4,75	4,95	»	6,01	6,60	6,97*	7,40*	»	5,25 à 5,5	
clohexane *m*.	3,16	3,62*	3,88	4,40	4,82	5,15	5,53	6,03	6,50	6,97*	7,40*	»	»	6,2
p.	3,10	3,59*	3,85	»	»	5,30	5,67	6,00	6,32	6,97*	7,40*	3,26	»	6,2
e..........	3,26	3,58*	3,85	»	4,7	5,47	»	6,22*	6,70	7,00	7,35	»	»	7,6
hexène *o*....	3,10	3,60*	3,90	4,33	4,80	5,35	5,45	6,13*	6,60	7,00*	7,40*	4,13	5,03	5,9
m..	3,12	3,60*	3,9	4,35	4,83	5,07	5,50	6,13*	»	6,99*	7,41	4,60	»	»
p...	3,20	3,60*	3,8	4,58	4,95	5,30	5,55	6,13*	»	7,00*	7,40*	»	»	»
ol..........	3,15	3,59*	3,87	4,25	»	5,35	5,99	6,15	»	7,00*	7,48*	»	»	»
one.......	3,03*	3,57*	»	4,50	»	»	5,93*	»	»	6,97*	7,57*	7,10	»	7,7
yclohexyle..	3,03*	3,60*	»	4,32	4,80	»	5,90*	»	»	6,87*	7,43*	»	»	7,9
propine.....	3,15	3,64*	3,85	4,42	4,82	5,45	5,65	6,18*	6,75	7,00*	7,67*	5,28	»	8,0

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique.*

Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Cotton.

Depuis les recherches de Biot sur le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique, de nombreux physiciens (Arndtsen, Gernez, Lowry, Bruhat, de Mallemann, Longchambon, etc.) se sont attachés à élucider les anomalies des pouvoirs rotatoires de ce corps. Tout un ensemble d'observations relatives aux solutions aqueuses, avec ou sans sels (alcalins ou alcalino-terreux) d'acides forts, ainsi que l'étude de l'acide surfondu sont en bon accord avec l'existence (en proportions variables) de deux formes de l'acide tartrique. Par contre, d'autres observations relatives à l'acide tartrique en présence de divers corps (acides borique, tungstique, molybdique, urée, etc.) ne rentraient pas dans ce schéma simple d'explication.

Dans ce cas l'origine des anomalies était attribuée à l'existence de composés définis ([1]) sans tentative de filiation entre leurs propriétés optiques.

Dans une étude du camphre j'ai constaté que des composés d'addition bien définis de ce corps (exemple le nitrate de camphre) donnaient des courbes de pouvoirs rotatoires en fonction de la longueur d'onde qui se classaient bien parmi celles des solutions de camphre dans des solvants très variés, j'ai montré d'autre part que les anomalies du camphre s'expliquaient par l'existence de deux formes distinctes en proportions variables.

Je pensais donc que les anomalies de l'acide tartrique en présence de corps de la seconde classe pouvaient tenir à l'apparition d'une ou

---

([1]) En accord avec la découverte des composés molybdomaliques de M. Darmois.

plusieurs nouvelles formes actives, le rôle des corps tels que B^2O^3, TuO^4H^2, $CO(NH^2)^2$ étant d'en modifier les proportions. En se basant sur la loi de Biot relative aux mélanges on peut établir la propriété suivante :

Considérons quatre mélanges 1, 2, 3, 4 de trois corps actifs en proportions variables, les dispersions étant distinctes. Soient

$$\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4, \quad \alpha'_1\alpha'_2\alpha'_3\alpha'_4, \quad \alpha''_1\alpha''_2\alpha''_3\alpha''_4$$

les pouvoirs rotatoires spécifiques des mélanges 1, 2, 3, 4 pour trois longueurs d'ondes différentes λ, λ', λ''. Ces quantités vérifient la relation (¹)

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ \alpha'_1 & \alpha'_2 & \alpha'_3 & \alpha'_4 \\ \alpha''_1 & \alpha''_2 & \alpha''_3 & \alpha''_4 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

On peut voir que ce déterminant, au cas plus simple de deux constituants d'un mélange, redonne la règle de Darmois; il est facile de le généraliser pour des mélanges plus complexes.

Pour une vérification de la relation $\Delta = 0$ on peut ramener le déterminant à être du troisième ordre, le développement (selon la règle de Sarrus par exemple) fournit deux sommes Σ et Σ' que l'on doit retrancher. Si $\Delta = 0$, $\Sigma = \Sigma'$ ou encore $\frac{\Sigma}{\Sigma'} = 1$.

Je réunis les valeurs des pouvoirs rotatoires de l'acide droit dans diverses solutions aqueuses pour plusieurs longueurs d'onde.

λ en U. A.	6708.	6103.	5893.	5780.	5461.	4602.	4358.
S_1. $C^4H^6O^6 + CaCl^2$	−17,16	−21,67	−23,79	−25,09	−29,27	−48,96	−58,6
S_2. $C^4H^6O^6$ dans H^2O	+10,15	+11,56	+12,20	+12,50	+13,32	+14,47	+13,5
S_3. $C^4H^6O^6 + CO(NH^2)^2$	20,70	24,58	26,24	27,26	29,94	38,71	41,[illegible]
S_4. $C^4H^6O^6 + B^2O^3$	33,52	40,64	43,80	45,58	51,41	74,28	83,4
S_5. $C^4H^6O^6 + TuO^4H^2$	38,70	46,29	50	51,96	58,75	84,96	95,8

Ces valeurs vérifient la relation $\Delta = 0$ pour *trois constituants* de manière satisfaisante.

Exemples : S_1, S_2, S_3, S_4 pour $\lambda = 6708$, $\lambda' = 5780$, $\lambda'' = 4602$ donnent

(¹) Il suffit d'exprimer la compatibilité d'un ensemble de relations linéaires. On peut aussi établir une propriété graphique, extension de celle de Darmois, un faisceau de plans caractéristiques passe par un même point.

$\frac{\Sigma}{\Sigma'} = 1{,}00$. Pour $\lambda = 6103$, $\lambda' = 5461$, $\lambda'' = 4358$, on a $\frac{\Sigma}{\Sigma'} = 1{,}02$. S_1, S_2, S_3, S_5 pour $\lambda = 5893$, $\lambda' = 5461$, $\lambda'' = 4358$ donnent $\frac{\Sigma}{\Sigma'} = 1{,}00$, etc.

En résumé, tout se passe comme si, pour la classe des corps $CO(NH^2)^2$, B^2O^3, TuO^4H^2, il y avait apparition d'*une* nouvelle forme active fortement dextrogyre en proportion variable avec ces réactifs. Il est possible que les anomalies de l'acide malique obéissent à un mécanisme analogue. Je poursuis l'étude de cette question.

FLUORESCENCE. — *Étude qualitative de la fluorescence de la vapeur de brome*. Note de M. **P. Daure**, présentée par M. A. Cotton.

La réémission latérale de lumière, par un gaz transparent fortement éclairé, est un phénomène bien connu sous le nom de diffusion. La réémission de la lumière par un gaz absorbant, dans les mêmes conditions, n'a pas été étudiée dans toute sa généralité. On sait cependant que certaines vapeurs absorbantes (Hg, Na, I) à faible pression donnent lieu à une fluorescence (ou résonance optique) étudiée et décrite principalement par Wood (¹) et Dunoyer (²). Les résultats essentiels de ces travaux peuvent se résumer ainsi :

1° Certaines raies d'absorption sont réémises parfois isolément (Na), parfois accompagnées de satellites (I).

2° L'intensité de la fluorescence décroît lorsque la pression augmente (par addition du gaz transparent).

La fluorescence de la vapeur de brome a été constatée par Wood, mais n'a pas été étudiée. Elle mérite cependant une étude systématique, car on connaît bien l'absorption de cette vapeur. Ribaud (³) a décrit son spectre qui présente une bande continue allant de 3400 Å à 5200 Å, un grand nombre de raies fines allant de 5000 Å jusqu'au rouge extrême.

Étude de la fluorescence de la vapeur de brome. — En raison de la faible intensité de la fluorescence ($\frac{1}{300}$ environ de celle de l'iode), j'ai utilisé pour cette étude des tubes en croix en verre soudé, dont les faces terminales soufflées très minces ne déforment pas sensiblement les faisceaux de lumière.

(¹) Wood, *Optique physique*, édition française, **2**, 1914, p. 293.
(²) Dunoyer, *Comptes rendus*, **153**, 1911, p. 333; **156**, 1913, p. 1067.
(³) Ribaud, *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, 1919.

Le remplissage s'effectue en brisant dans l'appareil préalablement vidé, une ampoule de brome distillé.

J'ai constaté aux faibles pressions (inférieures au millimètre de Hg) une fluorescence verte.

Excitation. — La lumière incidente utilisée a toujours été la lumière solaire. Mais, en interposant divers filtres, j'ai pu localiser les radiations excitatrices. Elles sont comprises entre 5000 Å et 5600 Å; régions où les raies d'absorption du brome sont les plus serrées.

On peut montrer que dans cet intervalle, seules certaines radiations coïncidant avec des raies d'absorption du brome sont excitatrices. La modification des raies d'absorption d'une vapeur par compression est bien connue, elle consiste en ceci : quand la pression augmente, l'indice d'absorption maximum $\varkappa m$ d'une raie diminue au profit de sa largeur δ.

Deux ballons identiques contenant le premier B_1 du brome à faible pression, le deuxième B_2 la même quantité de brome diluée dans l'air à la pression atmosphérique auront sensiblement même transparence moyenne.

Mais, dans B_1 les raies présenteront une faible largeur δ_1, un indice $\varkappa m_1$ élevé. Dans B_2 une grande largeur δ_2, un indice $\varkappa m_2$ faible.

D'autre part, la largeur δ_0 des raies du brome fluorescent est au plus égale à δ_1.

Si le phénomène de fluorescence est dû à l'absorption par des raies, en filtrant la lumière incidente successivement par B_1 et B_2 nous obtiendrons des réductives r_1 et r_2 de la fluorescence, déterminées par les indices d'absorption $\varkappa m$ des raies des ballons. Étant donné que : $\varkappa m_1 > \varkappa m_2$, nous trouverons : $r_1 > r_2$.

L'expérience confirme ces prévisions, les ballons contenant une pression de 5^{mm} de brome ont dans l'intervalle (5000 Å et 5600 Å) une transparence $T = \frac{7}{20}$. La réduction de fluorescence donnée par le brome pur est $r_1 = \frac{5,6}{10}$, par le brome dilué dans l'air, $r_2 = \frac{7,25}{10}$.

Lumière réémise. — L'analyse de la lumière réémise a été faite avec un spectrographe trop peu dispersif pour séparer des raies un peu trop serrées; les spectres obtenus, d'apparence continue, vont de 5000 Å au rouge.

La lumière réémise comporte donc plus de radiations de grande longueur d'onde que la lumière excitatrice, ce que l'on constate également en interposant du bichromate soit sur le faisceau incident, soit sur

le faisceau émergent. La réduction de lumière est, dans le premier cas, beaucoup plus grande que dans le second.

Il y a lieu de penser que, comme celle de l'iode, la fluorescence du brome comporte la réémission des raies d'absorption accompagnées de satellites situés surtout vers les grandes longueurs d'ondes.

Signalons enfin que les radiations absorbées par la bande continue ne donnent lieu à aucune réémission de lumière.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Dispersion rotatoire magnétique et dispersion de biréfringence électrique*. Note de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons déduit précédemment de la théorie moléculaire l'expression suivante de la *constante de Verdet* [1] :

$$\Lambda = \frac{\pi}{2\nu e p} \frac{M}{d} \frac{(u^2-1)^2}{u\lambda^2}. \qquad (1)$$

Cette relation est limitée, théoriquement, aux approximations suivantes : 1° les p électrons de la molécule sont considérés comme équivalents; 2° on néglige un terme correctif correspondant à l'anisotropie moléculaire [2]. La formule (1), qui permet le calcul numérique de Λ, exprime en outre la loi de *dispersion* de cette constante. Nous nous sommes proposé de vérifier cette loi.

La vérification peut se faire de deux manières : 1° par voie directe, en remplaçant dans (1) les indices par leurs valeurs expérimentales; 2° par voie indirecte. On sait que la dispersion de biréfringence électrique suit approximativement une relation obtenue par Havelock, à partir d'une théorie distincte de celle de l'orientation moléculaire, mais qui est également une conséquence de cette dernière théorie, dans le cas particulier de l'hypothèse 1° (équivalence de tous les électrons) [3]. La formule de Havelock renferme la même fonction de l'indice que l'expression (1), mais la longueur d'onde y figure par sa première puissance, au lieu de son carré. En comparant les deux formules, on est conduit à énoncer le résultat théorique suivant : *Le rapport de la constante de Verdet à la constante de Kerr doit varier en raison inverse de la longueur d'onde;* ou bien : *le rapport de la dispersion rotatoire magnétique à la*

---

(1) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1139.

(2) La validité de cette formule simple est d'ailleurs limitée aux parties du spectre suffisamment éloignées des régions d'absorption.

(3) P. Langevin, *Le Radium*, 7, 1910, p. 249. — Euderle, *Dissert.*, Fribourg, 1912.

dispersion de biréfringence électrique doit être égal au rapport correspondant des longueurs d'onde.

VÉRIFICATION. — I. *Sulfure de carbone.* — Les propriétés optiques de ce corps sont faciles à mesurer avec précision. Il était donc naturel de le choisir en premier lieu. Bien que ses dispersions magnétique et électrique aient déjà été déterminées avec soin par plusieurs observateurs, il nous a paru nécessaire de reprendre toutes ses mesures pour différentes raisons [1]. Nous avons donc observé séparément, pour le même échantillon CS^2 : 1° la dispersion rotatoire magnétique; 2° la dispersion de biréfringence électrique; 3° les indices de réfraction. Les sources utilisées sont les raies de l'arc au mercure et toutes les dispersions sont rapportées à la raie 578.

Raies.	Δ (rotatoire magn.). Mesuré.	Δ (rotatoire magn.). Interpolé (Verdet).	Δ' (biréfringence élect.). Mesuré.	Δ' (biréfringence élect.). Interpolé (Hagenow).	Rapport $\frac{\Delta}{\Delta'}$.	Rapport $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$.
546.....	1,142	1,14	1,08	1,085 [2]	1,058	1,059
492.....	1,48	1,50	1,26	1,265	1,175	1,175
436.....	2,02	2,05	1,54	1,53	1,312	1,325

La relation théorique est donc remarquablement vérifiée dans le cas de CS^2.

Cette conclusion est confirmée par la mesure directe des indices. Nous donnons ci-dessous nos propres résultats, ainsi que ceux calculés à partir des mesures d'indices de Gernez, faites sur le sulfure observé magnétiquement par Verdet :

Raies.	578.	546.	492.	436.	656,3 (C).	589 (D).	527 (E).	486 (F).	430,6 (G).
Indices.....	1,6309	1,6371	1,6508	1,6752	1,6147	1,6240	1,6368	1,6487	1,6728
Δ calc. (1)...	1	1,141	1,477	2,02	0,778	1	1,303	1,596	2,19
Δ mesurées..	1	1,142	1,48	2,02	0,171	1	1,303	1,607	2,218

L'accord est presque rigoureux dans la limite de précision des expériences.

II. *Camphre et ligroïne.* — Une seconde vérification résulte de nos mesures

(1) La dispersion magnétique a été déterminée par Verdet, Joubin, Moreau et récemment par Chaudier; la dispersion électrique par Hagenow, Mac Comb, Lyon, etc. Or une comparaison quelque peu exacte des *deux* dispersions implique que celles-ci aient été mesurées respectivement pour les mêmes radiations, ce qui n'est pas le cas des résultats que nous venons de rappeler. Nous n'avons donc pu utiliser ceux-ci qu'après une interpolation graphique. De plus, les nombres de Chaudier nous ont paru faussés par une erreur de mesure sur la raie 578, ce que nous avons voulu vérifier.

(2) Ajoutons, pour cette raie, le nombre particulièrement précis de Chaumont : 1,081.

récentes sur le camphre (¹). La dispersion magnétique de ce corps, en solution dans l'hexane, a été mesurée avec précision par Darmois; il nous a donc paru superflu de recommencer ce travail.

Raies.	Δ rot. magn. (Darmois).	Δ' bir. élect. (mesurée).	$\frac{\Delta}{\Delta'}$.	$\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$.	Indices (¹).	Δ calc. (1).	Δ hexane (Darmois).
546...	1,125	1,06	1,061	1,059	1,4117	1,129	1,129
436...	1,865	1,41	1,323	1,325	1,4200	1,846	1,855

Le premier tableau donne les dispersions de solutions de camphre; le second les indices du solvant (ligroïne) et les dispersions magnétiques calculées d'après (1). L'accord est très bon.

Nos mesures personnelles se bornent actuellement aux corps précités. Néanmoins, en utilisant les dispersions trouvées pour l'eau (Siertsema) (²) et pour le limonène (Darmois), la relation (1) paraît encore assez bien vérifiée.

ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — *Sur une influence possible de la commutation sur la stabilité des machines à courant continu.* Note (³) de M. **Paul-Gabriel Girault**, présentée par M. Paul Janet.

I. J'ai fait exécuter en 1911 par M. Rabiaud quelques essais sur un moteur à courant continu tétrapolaire, d'une puissance utile de l'ordre de 50 kW sous 220 volts, muni de pôles supplémentaires, qui présentait une forte tendance à l'emballement lorsque la charge croissait, bien que les balais fussent calés sur la ligne neutre géométrique et que l'égalité de vitesse angulaire dans les deux sens de rotation pour une même charge fût obtenue; la portée des charbons semblait être accentuée vers l'arrière.

Le résultat de ces essais fut qu'en employant successivement des balais de largeur de plus en plus petite, l'augmentation de vitesse en fonction de la charge croissante diminuait et devenait assez faible pour des balais d'une largeur de $1^{mm},5$ environ.

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1534, $n_{578} = 1,1403$.

(²) Dans le cas de l'*eau*, l'hypothèse 1° ne semble pas valable, car la constante A, calculée d'après (1), ne cadre avec la valeur expérimentale qu'en prenant un nombre *p* d'électrons compris entre 3 et 4. Dans le cas du *camphre*, en utilisant le nombre *normal* d'électrons de la molécule (62), la valeur calculée est $4,7.10^{-6}$, et le nombre expérimental (Perkin, Darmois) $4,2.10^{-6}$.

(³) Séance du 28 juin 1926.

Nous avons utilisé par la suite ce fait d'expérience pour le calage au repos des balais des moteurs de tanks de Saint-Chamond : le calage était effectué en employant des balais de charbon d'une largeur de $1^{mm},5$, et en alimentant l'induit et les pôles supplémentaires en série, un frein symétrique étant placé sur le pignon; on admettait le calage pour lequel on obtenait égalité de sensation en appuyant sur le frein dans un sens et dans l'autre.

II. M. Brunswick a fait remarquer en 1912 (¹) que la méthode employée pour prédéterminer la réaction d'induit d'une machine à courant continu en tenant compte de la réaction démagnétisante (contre-ampères tours de décalage) et de la réaction transversale (variation de saturation des masses polaires) semble en défaut dans le cas d'une machine utilisée dans la partie rectiligne de sa caractéristique avec calage des balais sur la ligne neutre géométrique; en effet, dans ce cas, ces deux réactions sont pratiquement nulles, alors qu'en réalité un renforcement d'excitation important est nécessaire (²).

Tenant compte de cette remarque, nous nous sommes demandé si la commutation, par le trouble qu'elle apporte dans la position de l'axe magnétique de l'induit, ne joue pas un certain rôle.

Considérons, pour simplifier, une machine à courant continu avec induit en anneau dont les balais, calés sur la ligne neutre géométrique, ne couvrent qu'une lame et supposons la commutation linéaire; le sens de rotation est celui des aiguilles d'une montre en faisant face au collecteur.

Marche en génératrice. — Si nous traversons les sections de l'induit en passant du pôle inducteur principal de gauche à celui de droite par le haut, les sections non commutantes de gauche sont opposées par leurs ampères-tours au flux principal, tandis que celles de droite ont des ampères-tours de même sens que ceux des pôles principaux.

Pendant la durée T d'une commutation, la valeur des ampères-tours des bobines non commutantes placées entre deux pôles consécutifs diminue linéairement de 2X, X étant la valeur des ampères-tours d'une section.

En ce qui concerne la bobine en commutation, ses ampères-tours augmentent linéairement de 2X pendant le temps T.

(¹) *Bulletin de la Société Internationale des Electriciens*, 3ᵉ série, 2, 1912, p. 523.

(²) *Loc. cit.*, p. 532.

Les deux variations d'ampères-tours s'annulent donc à chaque instant.

Si la commutation est accélérée (pôles supplémentaires surabondants), on voit aisément que l'excès des ampères-tours de la bobine en commutation sur ceux des bobines non commutantes présente pendant la durée d'une commutation une valeur pulsatoire toujours positive, c'est-à-dire de même sens que les ampères-tours principaux.

Si la commutation est retardée (pôles supplémentaires insuffisants), cet excès d'ampères-tours a une valeur pulsatoire toujours négative.

Marche en moteur. — On verrait d'une manière analogue dans la marche en moteur, qu'il n'y a aucune réaction de l'induit sur les inducteurs principaux lorsque la commutation est linéaire.

Si la commutation est accélérée (pôles supplémentaires surabondants), l'excès des ampères-tours de la bobine en commutation sur ceux des bobines non commutantes a une valeur pulsatoire toujours négative.

Si la commutation est retardée (pôles supplémentaires insuffisants), cet excès d'ampères-tours a une valeur pulsatoire toujours positive.

Il semble résulter de ceci que :

Avec des *pôles supplémentaires insuffisants*, la chute de tension doit croître dans la marche en génératrice, et la vitesse doit diminuer en moteur pour une charge donnée.

Avec des *pôles supplémentaires renforcés*, la chute de tension doit s'atténuer dans la marche en génératrice, et la vitesse doit augmenter en moteur pour une charge donnée.

Ceci pourrait se vérifier sur certaines machines instables en shuntant les pôles supplémentaires supposés surabondants.

Ceci pourrait contribuer à expliquer certains amorçages avec induit et pôles supplémentaires en court-circuit, lorsque les balais sont calés sur la ligne neutre géométrique. Enfin, on pourrait aussi expliquer par là l'influence de l'amincissement des balais citée précédemment.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption des rayons β par la matière.* Note de M. **Georges Fournier**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans de précédentes Notes [1], nous avons étudié l'absorption par les corps simples de différents groupes de rayons β et principalement des rayons β du Ra E.

---

(1) Georges Fournier, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 284 et 1490; Mme J.-S. Lattès et Georges Fournier, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 855 et 1135.

De nouvelles expériences nous ont montré que :

1° D'une part la loi linéaire

$$\frac{\mu}{\rho} = a + b\text{N}$$

reliant le coefficient massique d'absorption $\frac{\mu}{\rho}$ au numéro atomique N de l'élément absorbant, qui avait été mise en évidence pour les rayons β du radium E et étendue aux rayons β primaires et secondaires du radium (¹), est également valable pour le rayonnement β de l'uranium X. Dans ce cas, la loi s'exprime numériquement par :

$$\frac{\mu}{\rho} = 5{,}97 + 0{,}0572\text{N}.$$

Elle a été vérifiée avec une bonne approximation dans les six corps simples suivants : C, Al, Cu, Zn, Ag, Au. Notons que le rapport $\frac{a}{b}$ des coefficients de la loi reste, comme nous l'avions déjà remarqué pour d'autres groupes de rayons β, voisin de 105.

Remarquons encore que la courbe d'absorption des rayons β de l'UX dans l'or, contrairement à la courbe correspondante obtenue avec le RaE, ne présente pas le relèvement final que nous avions attribué à la formation de rayonnement secondaire dans les corps absorbants.

En revanche, toutes les courbes d'absorption obtenues avec l'UX présentent au début, comme celles du RaE, une partie non rectiligne à concavité tournée vers le haut. Ceci nous a amené à penser que ce relèvement initial de la courbe n'était peut-être pas dû, comme nous l'avions indiqué, à l'existence d'un deuxième groupe de rayons β plus absorbable, mais simplement à un phénomène de dispersion, la partie rectiligne de la courbe débutant seulement au moment où l'angle de dispersion du faisceau a atteint son maximum définitif de 4π. Dans cette nouvelle interprétation, le coefficient que nous avions déterminé et attribué au groupe absorbable deviendrait simplement un coefficient de dispersion $\frac{\delta}{\rho}$, suivant lui aussi, comme l'indiquaient les résultats numériques, une loi linéaire.

2° D'autre part, nous avions indiqué précédemment que le relèvement final de la courbe d'absorption des rayons β du RaE se manifestait pour les corps simples à numéro atomique supérieur à 50. La courbe relative à l'étain (N = 50) ne présentait pas nettement de relèvement. Nous avons

(¹) Mme J.-S. Lattès et Georges Fournier, *loc. cit.*

étudié depuis les courbes relatives à l'antimoine ($N = 51$) et au tellure ($N = 52$) qui montrent un relèvement, plus accentué pour le tellure que pour l'antimoine, confirmant ainsi que le relèvement commence à se faire sentir pour $N = 50$.

3° Une nouvelle méthode expérimentale nous a permis d'étudier l'absorption dans les corps solides en poudre uniformément tassés par un piston plan dans des cuvettes à fond mince. Ces cuvettes étaient constituées par une feuille d'aluminium de $\frac{4}{100}$ de millimètre d'épaisseur serrée et tendue entre deux anneaux plats de laiton de 40^{mm} de diamètre intérieur, 60^{mm} de diamètre extérieur et $1^{mm},5$ ou 3^{mm} d'épaisseur. Elles étaient supportées au-dessus du plan de la source par une portion de tube de laiton de 50^{mm} de diamètre, et de hauteur suffisante pour amener le fond de la cuvette à une très petite distance au-dessus de la partie supérieure du canaliseur. La masse superficielle de la substance absorbante était mesurée par différence (cuvette pleine, cuvette vide), la surface étant connue une fois pour toutes ($s = 12^{cm^2},5664$).

Cette méthode s'est trouvée justifiée par la confirmation qu'elle nous a donné des résultats antérieurs concernant C et Al. Elle nous a permis également de mesurer le coefficient massique d'absorption des rayons β du Ra E dans le soufre, le sélénium, l'antimoine, le tellure et un grand nombre de corps composés.

Seul de tous les corps simples étudiés, le soufre a présenté un coefficient nettement différent de celui que permet de calculer la loi linéaire

$$\frac{\mu}{\rho} = 15 + 0,142\,N.$$

Nous avons en effet :

$\frac{\mu}{\rho}$ calculé	17,27
$\frac{\mu}{\rho}$ observé	18,53

Devant ce résultat anormal, obtenu avec de la fleur de soufre, nous avons répété l'expérience avec du soufre précipité et du soufre pilé. Le résultat ci-dessus a été confirmé.

THERMOCHIMIE. — *Sur les chaleurs de combustion de quelques hydrocarbures.* Note de M. **D. P. Konovalov**, présentée par M. G. Urbain.

La chaleur moléculaire de combustion des composés organiques peut être exprimée par la relation [1]

$$Q = 48,8n \pm X - 5,3h,$$

n désigne le nombre des atomes d'oxygène consommés par la combustion complète d'une molécule-gramme; X est un terme constant pour chaque série de composés homologues, mais sa valeur varie d'une série à l'autre; *h* représente le nombre d'atomes d'hydrogène contenus dans la molécule organique.

La présente Note contient les chaleurs de combustion observées, et calculées d'après la formule précédente.

		X.	Q calculé.	Q observé.	$100\frac{Q\,(\text{calc.}) - Q\,(\text{obs.})}{Q\,(\text{obs.})}$
Benzène...........	C^6H^6	15	778,8	779,7	−0,11
Toluène...........	C^7H^8	»	935,8	934,4	+0,15
Xylène............	C^8H^{10}	»	1092,8	1092,0	+0,18
Mésitylène........	C^9H^{12}	»	1249,8	1251,9	−0,17
Propylbenzène.....	C^9H^{12}	»	1249,8	1250,6	−0,07
Propyltoluène.....	$C^{10}H^{14}$	»	1406,8	1406,9	−0,01
Styrolène.........	C^8H^8	30	1048,4	1047,3	+0,10
α-Méthylstyrolène..	C^9H^{10}	»	1205,4	1204,6	+0,16
p-Méthylstyrolène..	C^9H^{10}	»	1205,4	1203,8	+0,13
Méthylcyclobutane.	C^5H^{10}	0	785,0	785,2	−0,03
Cyclopentane......	C^5H^{10}	0	785,0	784,6	+0,05
Cyclohexane.......	C^6H^{12}	0	942,0	937,6	+0,47
»	»	»	»	938,5	+0,37
»	»	»	»	942,1 [2]	−0,01

Les données expérimentales relatives aux polyméthylènes sont dues à M. Zouboff. Elles ont été récemment corrigées par M. Swentoslavsky [3].

---

[1] D.-P. Konovalov, *Chem. Soc.*, **123**, 1923, p. 2184.
[2] Chiffre de MM. Richards et Barry corrigé pour la poussée dans l'air.
[3] *J. Amer. Chem. Soc.*, **42**, 1920, p. 6, 1092.

Les données relatives aux carbures cycliques sont dues à M. Zouboff. Elles ont été corrigées par M. Swentoslavsky, ainsi que les données postérieures de Roth [1] et Richards et Barry [2].

Les nombres suivants se rapportent à des carbures que je tiens de M. Zelinsky. Ce sont : le cyclohexène C^6H^{10} (point d'ébullition 83°,5), le méthylène-cyclohexane C^7H^{12} (point d'ébullition 101°-102°), le bicyclohexane (0, 1, 3) C^6H^{10} (point d'ébullition 79°,6-80°,2), et, en outre, deux mélanges provenant l'un de la transformation catalytique du cyclohexène et l'autre de la transformation catalytique du méthylène-cyclohexane. Le premier mélange admettait la composition présentée par la formule $2C^6H^{12} + C^6H^6$, et le second $2C^7H^{14} + C^7H^8$.

Les données ci-dessous sont exprimées en calories 15° et représentent les moyennes des expériences. Les écarts de la moyenne ne dépassaient pas 0,08 pour 100 :

			Q		
		X.	calculé.	observé.	$100\,\frac{Q\,(\text{calc.}) - Q\,(\text{obs.})}{Q\,(\text{obs.})}$.
Cyclohexène............	C^6H^{10}	15	897,6	898,8	—0,13
Méthylène-cyclohexane...	C^7H^{12}	«	1054,6	1054,9	—0,03
Bicyclohexane (0, 1, 3)...	C^6H^{10}	30	912,6	912,5	+0,01

La double liaison du cycle polyméthylénique correspond à la valeur X = 15 du cyclohexène. La même valeur correspond à la double liaison extérieure au cycle, comme cela se voit pour le méthylène-cyclohexane. La même valeur s'applique aux dérivés du benzène admettant une chaîne latérale à double liaison près du cycle.

La formation du cycle triméthylénique exerce une influence remarquable. Pour les polyméthylènes contenant C_4, C_5, C_6, X = 0. Or la formation du cycle triméthylénique dans le bicyclohexane conduit à la valeur X = 30. En adoptant cette valeur pour le triméthylène libre, on trouve, pour la chaleur de combustion de ce corps à l'état fluide, Q = 501,0. Pour le triméthylène gazeux, Berthelot et Maller ont trouvé Q = 507,0.

Les résultats obtenus permettent de calculer les chaleurs de combustion des mélanges.

---

(1) *Lieb. Ann.*, 407, 1914, p. 152.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 993.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la température critique de dissolution de l'acroléine et de l'eau et sur la masse moléculaire de la résine d'acroléine soluble.* Note de MM. **A. Boutaric** et **G. Corbet**, présentée par M. Ch. Moureu.

1. L'acroléine et l'eau ne sont pas miscibles en toutes proportions. Dans le cas le plus général, un mélange d'eau et d'acroléine se sépare en deux couches de composition et de densités différentes ; la couche inférieure constitue une solution saturée d'acroléine dans l'eau, la couche supérieure une solution saturée d'eau dans l'acroléine.

Dans un tube scellé on enferme un mélange formé de poids connus d'acroléine et d'eau. On chauffe jusqu'à miscibilité complète, puis on refroidit lentement et l'on note la température à laquelle se produit l'opalescence.

Les mesures ont été faites sur de l'acroléine stabilisée par $\frac{1}{250}$ de son poids d'hydroquinone pour la stabiliser.

Le tableau suivant donne les températures de disparition du trouble pour des mélanges contenant p grammes d'eau et π grammes d'acroléine, la composition de la solution étant représentée par l'expression $\frac{100\pi}{p+\pi}$, qui donne le poids d'acroléine dans 100 de mélange :

$\frac{100\pi}{p+\pi}$.	t.
95	0°
91,5	32,5
89,6	44,4
87,8	50
86,8	53
79,3	74,5
69,9	82
64,8	84
58,7	87,8
56,2	88
55,5	88

$\frac{100\pi}{p+\pi}$	t.
46,9	85°,5
39,9	77,8
30,3	62
25,1	48
20	0

Sur la courbe de miscibilité on peut relever :

la température critique........... $\Theta = 88^{\circ}$

la composition critique........... $\frac{100\pi}{p+\pi} = 56,2$

Nous avons déterminé les températures critiques de l'acroléine stabilisée par des proportions croissantes d'hydroquinone; en représentant ces températures en fonction des proportions d'hydroquinone et prolongeant la courbe obtenue jusqu'à l'axe des températures nous avons obtenu comme température critique de l'acroléine pure la valeur 88°,2.

2. Nous avons étudié la variation qu'éprouve la température critique quand on dissout dans l'acroléine des poids croissants de résine d'acroléine soluble.

Résine dissoute pour 100.	Θ.
0	88°
5,1	92
8,5	94
12,1	94,5

L'un de nous a montré antérieurement que lorsqu'on dissout dans l'un des constituants d'un mélange double liquide une substance insoluble dans l'autre constituant, l'élévation de température d'équilibre pour une certaine composition du mélange ne dépend que de la concentration moléculaire de la substance dissoute; pour de faibles concentrations de la substance dissoute, elle est sensiblement proportionnelle à cette concentration, Les substances de très grand poids moléculaire ne devraient donc produire que des varia-

tions insignifiantes de la température d'équilibre. Il résulte des mesures précédentes que la résine d'acroléine tout en ayant un poids moléculaire élevé ne saurait être comparée à une substance colloïdale.

C'est ce que nous avons confirmé par des mesures cryoscopiques dans l'acide acétique ($t_F = 16°,5$). Voici pour diverses concentrations c de la solution de résine dans l'acide acétique les abaissements Δ du point de congélation observés et les valeurs du poids moléculaire M de la résine calculées par la formule $M = 3900 \frac{c}{\Delta}$:

c.	Δ.	M.
0,11	0°,7	543
0,12	0,9	542
0,13	0,87	547
0,16	0,9	547

La moyenne des valeurs obtenues $M = 544,7$ semble indiquer que la résine étudiée est un polymère de l'acroléine voisin de la formule

$$(CH^2 = CH - CHO)^{10}.$$

Nous avons vérifié que la résine ne laisse pas de résidu par calcination en sorte que l'abaissement observé ne peut être attribué à une impureté saline.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'estimation du pouvoir adsorbant des charbons.* Note de M. **Surun**, présentée par M. Béhal.

Afin d'établir une méthode simple et rapide pour estimer le pouvoir adsorbant des charbons, nous nous sommes efforcé de savoir si le procédé basé sur la recherche de la quantité de charbon nécessaire pour obtenir l'adsorption totale de certaines substances en solution aqueuse était suffisamment exact pour en préconiser l'emploi pratique.

Dans des essais préliminaires, nous avons établi que l'état d'équilibre entre le corps à adsorber et la substance adsorbante (charbon), réduite en poudre passée au tamis 45, était atteint au bout d'une demi-heure d'agitation, quelles que soient les concentrations des solutions des substances minérales et organiques que nous avons utilisées, sauf toutefois pour les matières colorantes artificielles (bleu de méthylène, ponceau cristallisé). Dans ce cas particulier, l'équilibre d'adsorption n'est atteint qu'après un

temps très prolongé d'agitation, variant entre 12 et 24 heures. Cette constatation nous a conduit à rejeter celles-ci comme produits susceptibles de pouvoir être employés sûrement dans ces sortes de déterminations.

Les charbons essayés étaient, les uns des charbons végétaux officinaux du commerce, les autres des charbons activés, soit par la chaleur seule, soit par imprégnation préalable avant calcination. Ils étaient ensuite lavés à l'eau chlorhydrique, puis à l'eau distillée.

Parmi les substances à fonction chimique les plus diverses, nous avons choisi les composés suivants : bichlorure de mercure, chloral, acide citrique, phénol, résorcine, antipyrine et pyramidon, dont l'adsorption exprimée en milligrammes est élevée et qui, de plus, est régie par la règle proposée par Freundlich [1].

Le but de notre recherche étant d'obtenir la fixation totale de ces substances en solution aqueuse, nous avons augmenté graduellement, dans des essais différents, la quantité de charbon pour un même volume de solution de concentration arbitrairement fixée. Nous nous sommes rendu compte rapidement que l'emploi de solutions $\frac{N}{10}$ et $\frac{N}{50}$ exigeait, pour obtenir le résultat désiré, une quantité par trop considérable de charbon, ce qui rend inutilisables de telles concentrations. Aussi nous avons adopté les conditions d'expériences suivantes : 50^{cm^3} de solution $\frac{N}{100}$ des corps envisagés ont été agités pendant une demi-heure, dans une série de flacons, avec des quantités croissantes de charbon, jusqu'à ce qu'on obtienne un liquide qui, après filtration, renferme une quantité de substance inférieure à celle qui peut être caractérisée par une réaction convenablement choisie et de sensibilité connue.

Nous indiquons dans le tableau suivant les divers réactifs employés et leur limite de sensibilité :

Substances employées (solution en cm^3).	Réactifs utilisés.	Sensibilité de la réaction.
5^{cm^3} de $HgCl^2$.......	5 gouttes d'ammoniaque	pas de louche blanc, 1/100000
5 de chloral......	5 gouttes de nitrate d'arg^t ammoniacal	pas de louche blanc, 1/100000
5 d'acide citrique.	1 goutte de sulfate acide de mercure, faire bouillir + 1 g^{te} MnO^4K N/100	pas de louche blanc, 1/200000

(1) FREUNDLICH, *Zeit. phys. Chem.*, 57, 1906, p. 385.

Substances employées	Réactifs utilisés	Sensibilité de la réaction.
cm³ 1 de phénol......	1 cm³ d'acide sulfurique pur + 2 gouttes de formol	pas de coloration rose, 1/100000
1 de résorcine....	1 cm³ d'acide sulfurique pur + 2 gouttes de formol	pas de coloration rose, 1/100000
5 d'antipyrine....	2 gouttes de perchlorure de fer à 26 pour 100	pas de color. rougeâtre, 1/100000
5 de pyramidon...	3 gouttes de perchlorure de fer à 2,6 pour 100 + 1 goutte de HCl au 1/10	pas de color. violette, 1/100000

On constate que la quantité de charbon nécessaire pour obtenir l'adsorption totale des corps utilisés est variable d'un charbon à un autre pour une même substance; elle est également différente pour un même charbon, quand on passe d'un corps à un autre.

Cette méthode, très simple et très rapide, permet d'établir un ordre de classement des charbons qui est sensiblement identique à celui donné par l'examen des points obtenus, pour des concentrations initiales égales à $\frac{N}{100}$, sur les courbes logarithmiques d'adsorption, établies d'après la règle de Freundlich.

De plus, ce procédé présente l'avantage, au point de vue pratique, de pouvoir chiffrer, pour une substance donnée, la valeur d'adsorption totale des charbons par rapport à un autre charbon choisi comme unité. En effet, si l'on désigne par I le pouvoir d'adsorption totale de l'un d'eux, la valeur comparative des autres charbons sera représentée par le rapport entre la quantité employée du charbon étalon et celles qu'il est nécessaire d'utiliser pour obtenir le même résultat avec les différents charbons envisagés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination ébullioscopique de quelques sels doubles en solution.* Note de M. E. **Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

La méthode des variations continues appliquée aux phénomènes ébullioscopiques permet de déterminer, à partir des mélanges de solutions équimoléculaires des sels simples, la nature du sel double existant en solution à la température de 100°. En collaboration avec M. F. Bourion, j'ai exposé le principe de la méthode et donné quelques exemples relatifs aux sels de cadmium et de mercure [1].

(1) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 1406; **176**, 1923, p. 1708; **178**, 1924, p. 86 et 1171.

Afin d'appuyer ces recherches de formation de complexes en solution aqueuse, je me suis adressé à des cas où le sel double est d'un type parfaitement défini : les sulfates doubles de la série magnésienne et les carnallites. Les sulfates ont été étudiés à la concentration 2,5 M en présence de solution équimoléculaire de $SO^4 Am^2$, seul sulfate alcalin dont la solubilité permette cette étude. Les écarts ébullioscopiques, calculés par la règle des mélanges, furent les suivants :

Écarts ébullioscopiques :

SO^4Am^2 (p. 100).	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.
SO^4Cd.......	0,095	0,169	0,228	0,243	0,252	0,235	0,196	0,137	»
SO^4Fe.......	0,081	0,157	0,207	0,236	0,251	0,246	0,195	0,137	0,071
SO^4Co.......	0,081	0,168	0,218	0,236	0,250	0,234	0,209	0,140	0,069
SO^4Mn......	0,085	0,152	0,206	0,229	0,241	0,224	0,187	0,126	0,060
SO^4Zn.......	0,089	0,149	0,192	0,208	0,212	0,203	0,167	0,111	»
SO^4Mg.......	0,070	0,125	0,159	0,176	0,180	0,171	0,147	0,100	0,048
SO^4Cu.......	0,070	0,112	0,152	0,170	0,181	0,167	0,135	0,086	0,030
SO_4Ni.......	0,057	0,117	0,151	0,169	0,170	Insoluble		0,080	0,036

La méthode caractérise ainsi dans tous les cas le sulfate ammoniaco-magnésien $SO^4X — SO^4Am^2$. La faible valeur de l'écart maximum montre que ces sels doubles sont fortement dissociés à 100°. Ce sont les sulfates de Cd, Fe, Co et Mn qui présentent le plus faible degré de dissociation, ceux de Mg, Cu et Ni le plus élevé.

L'étude du chlorure de magnésium, associé aux chlorures alcalins, permet également de retrouver en solution le sel double, type carnallite : $Cl^2Mg—ClM$. Les expériences suivantes sont relatives à la concentration commune 2,2 M des sels simples :

Écarts ébullioscopiques.

Chlorure alcalin pour 100.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.
ClAm.....	»	0,258	0,247	0,382	0,392	0,373	0,313	0,229	0,114
ClK.......	»	0,260	0,336	0,369	0,372	0,351	0,296	0,206	0,116
ClNa......	»	0,202	0,255	0,284	0,292	0,278	0,228	0,152	0,083
ClLi.......	»	»	0,197	0,223	0,244	0,216	0,161	0,113	0,059

Les carnallites se présentent en solution comme de véritables sels doubles partiellement dissociés, paraissant toutefois un peu plus stables que les sulfates ammoniaco-magnésiens. L'Am et le K donnent les carnallites les moins dissociés, le Na et le Li les plus dissociés. Combiné aux chlorures alcalino-terreux, le chlorure de magnésium donne à l'état solide des sels

doubles du type tachydrite : $2MgCl^2 - MCl^2, 12H^2O$. La méthode ébullioscopique ne permet pas de les déceler en solution aqueuse à 100°, car, à la concentration 2,2 M les écarts ébullioscopiques sont presque nuls, comme je l'ai observé pour différents mélanges en proportions variables :

Écarts ébullioscopiques.

Chlorure alcalino-terreux pour 100.	30.	50.	70.
Cl^2Ca	0,016	0,012	0,023
Cl^2Sr	0,009	0,012	0,005
Cl^2Ba	0,001	0,004	0,011

On remarquera toutefois que l'écart est toujours positif et souvent supérieur aux erreurs expérimentales (± 0°,005), ce qui tendrait à faire supposer l'existence d'un sel double en solution. Ce sel serait presque totalement dissocié et la méthode ébullioscopique ne permet pas de préciser sa formule.

Le bromure de magnésium donne, avec les bromures alcalins, un sel double du type 1 · 1, caractérisant en solution à 100° le sel $Br^2Mg - BrM$. C'est ainsi qu'à la concentration 1,75M on obtient avec le bromure de potassium les écarts ébullioscopiques suivants :

Br K pour 100.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.
Ecarts...	0,095	0,185	0,257	0,280	0,291	0,274	0,231	0,249	0,066

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectrométrie de la série K des éléments légers. Discontinuité K du fluor.* Note (¹) de M. **Holweck**, présentée par M. J. Perrin.

Discontinuité K du fluor. — La méthode indiquée dans de précédentes Notes (²) a été appliquée à la mesure de la discontinuité K du fluor. A cet effet, le gaz BF^3 a été introduit dans la chambre d'ionisation à une pression de $0^{cm},15$ de mercure environ. Une discontinuité très franche dans l'ionisation de ce gaz se produit à 684,2 volts; elle est visible sur la figure 1 reproduisant une des séries de mesures. Celles-ci sont faites de volt en volt dans le voisinage du point critique qui peut être situé ainsi à 0,5 volt près, c'est-à-dire avec une erreur relative ne dépassant pas 1 pour 1000.

(¹) Séance du 28 juin 1926.

(²) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 53 et 779.

On remarquera l'absence de structure fine coïncidant aussi, dans ce cas, avec l'absence de valence libre pour F dans la molécule BF^3.

Précision des mesures. — La méthode des potentiels critiques offre une précision supérieure ou au moins égale à celle des bonnes mesures de la spectroscopie cristalline de basse fréquence. Elle a l'avantage de donner des résultats d'une interprétation remarquablement simple puisque la valeur cherchée se lit directement sur un voltmètre (¹). On pourrait la perfectionner en traçant automatiquement la courbe $I = f(V)$ par amplification du courant d'ionisation au moyen de triodes.

Diagramme de Moseley. — Il est représenté sur la figure 2. Les points ronds pleins représentent les mesures effectuées au moyen des cristaux, le point rond creux représente le potentiel d'ionisation de He (25,4 volts), les petits triangles représentent les mesures de Foote et Mohler (²), enfin mes mesures sont indiquées par des croix.

Sur ce graphique, on remarque que : 1° l'ancienne et la nouvelle méthode sont raccordées par un point commun l'Al (1555 volts) (³) ; 2° Les six nouvelles mesures forment une série très cohérente confirmant avec précision la valeur précédemment trouvée pour le potentiel d'ionisation de l'hélium ; 3° lorsque la bande K présente une structure fine, dont la valeur est représentée sur le graphique pour C, N et O, c'est bien le premier potentiel d'ionisation qui se place sur le graphique de Moseley ; ce potentiel est d'ailleurs le seul qui demeure invariable dans les différentes combinaisons contenant un même atome (⁴). La droite en tirets représente l'extrapolation du graphique de Moseley, sensiblement droit du K au Ni. La droite en pointillés, joignant les mesures de Foote et Mohler, est celle publiée par ces auteurs comme représentant la série K des atomes légers. On voit qu'il est très probable que ces mesures sont erronées par défaut, surtout pour N et O, dont les valeurs ont été d'ailleurs données par ces physiciens comme incertaines.

Enfin j'ai renoncé à reporter sur ce graphique les mesures obtenues par la méthode de l'anode solide, qui sont complètement incohérentes.

Le tableau suivant donne le résumé des valeurs numériques trouvées

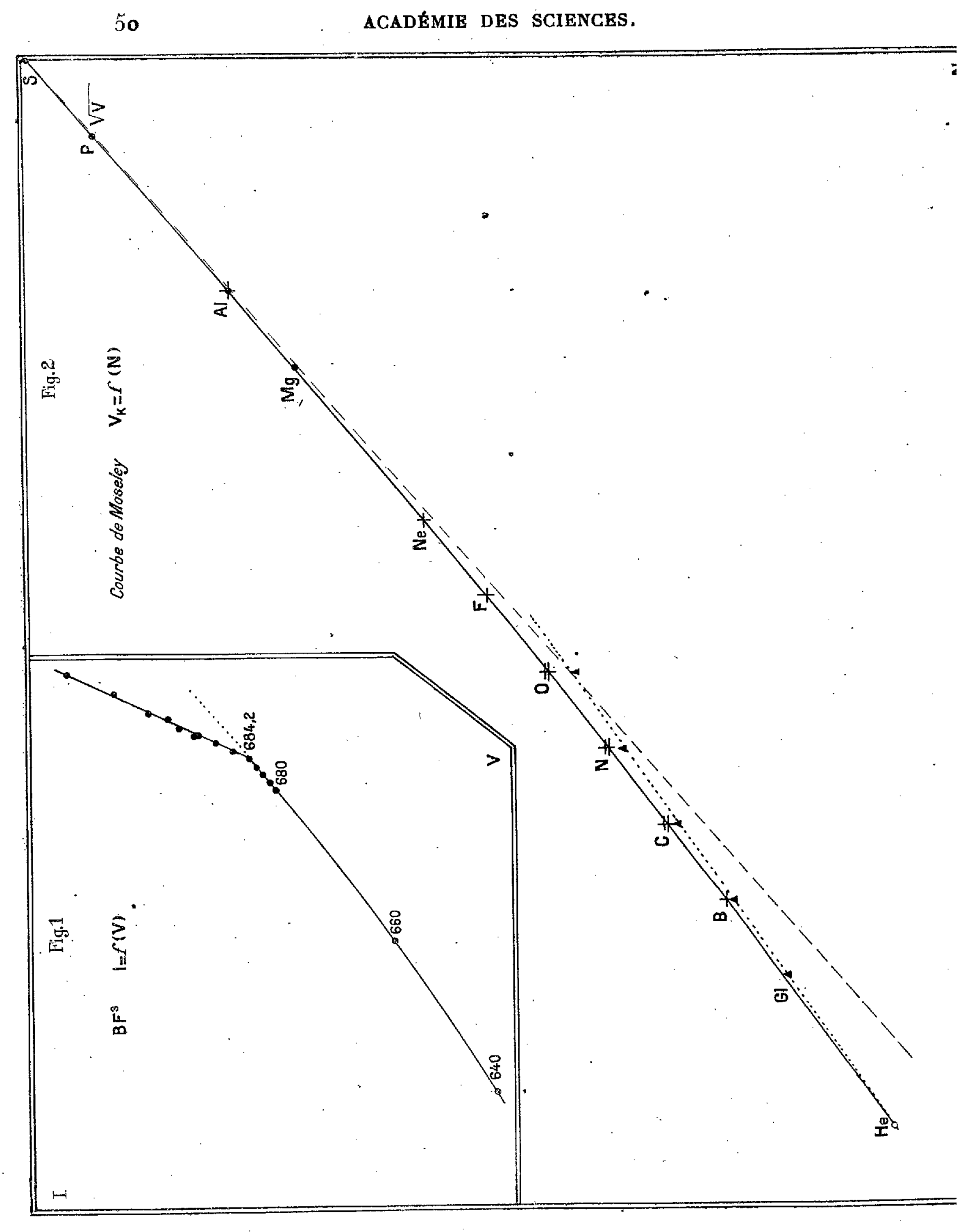
---

(¹) Aussi ne mérite-t-elle peut-être pas le nom de méthode indirecte, qu'on lui donne quelquefois.

(²) *Origin of Spectra*, 1922, p. 195.

(³) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 709.

(⁴) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1337.


Fig. 2
$V_K = f(N)$
Courbe de Moseley
$\sqrt{V}$
S
P
Al
Mg
Ne
F
O
N
C
B
Gl
He
Fig. 1
$I = f(V)$
BF^3
684,2
680
660
640
V
I

expérimentalement ou interpolées, dans ces derniers cas elles sont marquées*.

	Volts.		Volts.
He	25,4	O	528
Li	64*	F	684
Gl	120*	Ne	864
B	192	Na	1069*
C	280	Mg	1300
N	397	Al	1555

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déplacement du platine par l'hydrogène sous haute pression.* Note de MM. V. **Ipatief** et A. **Andreevsky**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons reconnu que l'hydrogène précipite le platine de ses solutions et étudié en fonction de la température, de la pression, de la concentration les conditions de cette réaction.

Un autre facteur important paraît être l'influence de substances étrangères.

Tous les résultats obtenus sont rassemblés en deux tableaux, dont le premier présente la marche normale du déplacement par l'hydrogène du platine d'une solution de tétrachlorure de platine dans l'eau, dans l'acide chlorhydrique ou dans d'autres acides, ou en mélange avec du chlorure ferrique; la concentration du platine variait de 30 à 3 pour 100, compté en tétrachlorure. Dans les colonnes verticales au-dessus desquelles est inscrite la concentration des solutions employées sont indiquées les quantités pour 100 de platine déplacé, par rapport à la teneur initiale en platine de la solution considérée.

Tableau I.

Temps.	Température.	Pression atm.	Mélanges.	Concentration pour 100 en $PtCl^4$. 30.	22,5.	20.	15.	10.	7,5.	5.	3.
24h	20°	25	–	–	–	–	traces	–	–	–	50
24	20	30	–	–	–	–	10	71	99	100	100
24	20	35	–	–	–	–	42	90	100	100	100
24	20	50	–	–	–	–	91	100	–	–	–
40	30	40	–	–	–	–	100	100	100	100	100
6	30	40	HCl	0	–	–	0	0	0	0	0
18	30	40	H^2SO^4	0	–	–	0	0	0	0	90

Tableau I (*suite*).

Temps.	Température	Pression atm.	Mélanges.	Concentration pour 100 en $PtCl^4$. 30.	22,5.	20.	15.	10.	7,5.	5.	3.
30h	30°	40	H^2SO^4	80	–	–	95	98	100	100	100
36	30	40	H^2SO^4	100	–	–	100	100	100	100	100
5	100	40	–	72,5	80	95	99,3	100	100	100	100
12	100	30	–	60	60	63	72	81	85	90	100
5	100	40	HCl	45	60	–	100	100	100	100	100
5	100	40	H^2SO^4	100	100	–	100	–	100	100	100
9	100	10	$FeCl^3$	–	–	–	–	–	–	100	100
9	100	5	$FeCl^3$	–	–	–	–	–	–	75	78
5	100	3	$FeCl^3$	–	–	–	–	–	–	traces	0
5	100	3	–	–	–	–	–	–	–	100	100
3	100	3	–	–	–	–	–	–	–	70	90
3	100	3	–	–	–	–	–	–	–	0	60

Par ce tableau nous voyons que :

1° A mesure que la dilution de la solution augmente, la séparation du platine devient plus facile;

2° La même chose a lieu avec l'élévation de la pression;

3° Il en est de même avec l'élévation de la température.

4° La quantité de platine réduit augmente avec le temps;

5° Les mélanges agissent d'une façon inverse; ils entravent la réduction, mais sans changer l'ordre ni les facteurs de la réduction.

Le Tableau II contient les résultats d'expériences sur de très faibles concentrations en chlorure de platine (1 pour 100 à 0,01 pour 100) en présence d'assez fortes proportions de matières ajoutées : la quantité d'acides formait 5 pour 100 du poids total de la solution; celle du chlorure ferrique, 10 pour 100; du chlorure de nickel 5 pour 100.

On sait depuis longtemps que précipiter le platine contenu en quantité insignifiante en présence de quantités sensibles d'autres métaux est un problème presque impossible.

Le Tableau II montre qu'en outre de l'augmentation de pression nécessaire pour la précipitation du platine, la présence de matières étrangères change l'ordre de la précipitation, les solutions plus concentrées précipitent d'abord et à mesure que la dilution augmente la séparation devient de plus en plus difficile.

Un fait caractéristique, c'est que dans le cas de précipitation du platine la solution est incolore, malgré l'abondance du fer. Si le platine ne se précipite pas, la solution est colorée, le fer non plus n'est pas réduit.

TABLEAU II. ($t = 100°$).

Temps.	Pression atm.	Mélanges.	Concentration pour 100 en $PtCl^4$. 1.	0,5.	0,2.	0,1.	0,05.	0,02.	0,01.
h	o								
5	3	–	100	100	100	100	–	–	100
3	3	–	100	–	–	100	–	–	100
2	3	–	100	–	–	–	–	–	100
5	3	$FeCl^3HCl$	0	0	0	–	0	0	–
9	5	$FeCl^3HCl$	75	75	0	–	0	0	–
9	10	$FeCl^3HCl$	100	100	100	–	100	0	0
9	15	$FeCl^3HCl$	100	100	100	–	100	0	–
12	20	$FeCl^3HCl$	100	–	–	100	–	100	0
24	90	$FeCl^3HCl$	–	–	–	–	100	100	100
60	30	$FeCl^3HCl$	–	–	–	–	–	100	50
20	50	$FeCl^3HCl$	–	–	–	–	–	100	100
20	45	$FeCl^3HCl$	–	–	–	–	–	100	100
20	50	$NiCl^2HCl$	100	100	100	–	–	100	100
20	45	$FeCl^3H^2SO^4$	100	–	100	–	100	–	100
20	45	$FeCl^3HNO^3$	100	–	–	30	30	0	0
20	45	FeNiCl	100	–	–	100	100	0	0
20	60	FeNiCl	–	–	–	–	100	0	0
20	45	$FeNiH^2SO^4$	–	–	–	–	0	0	0
20	80	$FeNiH^2SO^4$	–	–	–	–	0	0	100
20	45	$FeNiHNO^3$	–	–	–	0	–	0	0
20	60	$FeNiHNO^3$	–	–	–	0	–	0	0
20	80	$FeNiHNO^3$	–	–	–	0	0	0	0

En résumé, on peut dire que la présence simultanée de métaux lourds, surtout en milieu acide, rend très difficile la réaction du déplacement, celle-ci exige alors une plus grande augmentation, avec la pression, de la température ou de la durée.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de la silice soluble dans les ciments, les mortiers et les bétons.* Note de M. **DANIEL FLORENTIN**, présentée par M. A. Mesnager.

On a proposé depuis longtemps d'utiliser le dosage de la silice soluble dans le but d'évaluer la teneur en ciment dans un mortier ou dans un béton; plusieurs méthodes ont été décrites; mais elles ne fournissent que de résultats incertains. M. Mesnager a signalé récemment l'intérêt que p

senterait une méthode permettant de ne doser que la seule silice du ciment, à l'exclusion de la silice provenant du sable ou de l'argile.

Nous avons repris l'étude de cette question sur des éprouvettes de mortier, fabriquées spécialement et exactement dosées.

Une étude critique des méthodes utilisées nous a permis de constater qu'il était indispensable :

1° de peser directement la silice soluble et non la partie insoluble, beaucoup plus considérable, sous peine de voir les chiffres entachés d'erreurs grossières;

2° d'opérer à froid de façon que l'argile et les silices restent inattaqués;

3° d'éviter d'insolubiliser la silice combinée dans le ciment, à l'état de silicate de chaux, la silice s'insolubilisant plus ou moins suivant les conditions de milieu, difficiles à définir, et se redissolvant alors irrégulièrement.

On sait en effet que les ciments sont constitués principalement par des silicates et des aluminates de calcium. Ces silicates mis au contact d'un acide chlorhydrique froid, de concentration convenable, se dissolvent intégralement, la silice restant en solution; celle-ci se transforme cependant en un gel si la concentration en ions H n'est pas convenable ou si la température s'élève.

Un acide chlorhydrique de $D = 1,12$ s'est montré le plus convenable pour dissoudre intégralement les ciments, tout en laissant pratiquement inattaqués l'argile et les autres silicates (sable).

Nous nous sommes donc arrêté à la méthode suivante : 1^g de ciment (ou 4^g de mortier) sont projetés, par petites portions, dans 50 ou 60^{cm^3} d'acide chlorhydrique froid, de $D = 1,12$ à 15° (1^{vol} d'eau + 2^{vol} d'acide chlorhydrique à 21° B.); il importe de ne pas laisser la température du liquide s'élever et, à cet effet, il est prudent de refroidir le verre où l'on opère dans un courant d'eau froide. Dans ces conditions le ciment se dissout totalement; il suffit de filtrer pour séparer les quelques impuretés qui restent en suspension, puis d'insolubiliser la silice par évaporation suivant le procédé connu. Au cas où une petite quantité de silice précipite on traite le résidu par une solution chaude de carbonate de sodium, à 5-6 pour 100, et l'on ajoute cette solution au précédent filtrat.

Nous avons vérifié, qu'avec ce mode opératoire, les sables (calcaires ou non) et l'argile ne fournissaient pas de silice soluble en quantité appréciable.

Connaissant la teneur en silice soluble d'un ciment, on déduit, avec une approximation satisfaisante, du chiffre de silice soluble trouvée dans le

mortier, le pourcentage de ciment contenu dans ce dernier, ainsi qu'en témoignent les résultats suivants :

Désignation.	Ciment pur.	Mortier 3/1 avec sable siliceux.	Mortier 3/1 avec sable calcaire.	Teneur pour 100 en ciment (¹) (sa proportion exacte était 25 pour 100).
	Teneur pour 100 en silice soluble.			
Ciment Portland 1	21,15	5,30	"	25,1
» 2	20,70	"	5,50	26,5
Ciment de laitier 1	23,85	5,74	"	24,0
» 2	24,40	"	5,60	23,0
Ciment Holderbank	18,15	4,25	5,53	23,4-25,0
Ciment fondu	8,65	2,05	2,25	23,7-26,0

La teneur en silice soluble des ciments Portland artificiels est voisine de 20-21 pour 100 : dans le cas où l'on ne possède pas d'échantillon du ciment initial, on peut, en se basant sur ce dernier chiffre, évaluer approximativement le dosage en ciment d'un mortier. Le dosage des autres éléments que contient la solution chlorhydrique permet, d'ailleurs, de se prononcer sur la nature probable du ciment utilisé.

Nous nous proposons de rechercher si le temps depuis lequel un mortier est fabriqué n'a pas une influence sur les chiffres de silice soluble trouvés par cette méthode.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des acides bromhydrique et iodhydrique concentrés sur l'ion cobalt. Nouvelle réaction du nickel.* Note de M. **Georges Denigès**, présentée par M. Charles Moureu.

I. Dans un travail antérieur (²) j'ai montré que l'acide chlorhydrique concentré, ajouté, dans certaines conditions, aux solutions d'un sel cobalteux quelconque, permettait de faire aisément, par chromoscopie et spectroscopie, la diagnose de l'ion cobalt, et même d'en effectuer très rapidement le dosage dans les sels de nickel du commerce, qui en renferment toujours quelques centièmes.

(¹) Abstraction faite de la quantité d'eau que fixe le ciment, et qui varie de 8 pour 100 dans un Portland à 14 pour 100 dans un ciment fondu. Pour des teneurs moyennes en eau de 10 pour 100 et de 20 pour 100 en silice soluble, l'erreur ressort à 0,6 pour 100 en moins sur le chiffre calculé comme ci-dessus.

(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1748.

Le milieu des quatre bandes spectrales, présentées par la solution du sel double ainsi réalisé, correspond respectivement, en $\mu\mu$, aux

$$\lambda : 704, \quad 660, \quad 625 \quad \text{et} \quad 605.$$

En remplaçant, dans ces expériences, HCl par les acides HBr et IH, concentrés (je me suis servi de solutions de ces acides de titre sensiblement 10 fois normal) il se forme également, avec l'ion cobalt, des produits d'addition à caractère spectroscopiques intéressants.

Le spectre d'absorption qu'on obtient avec HBr (5^{cm^3} de solution de cet acide pour $0^{cm^3},1$ à $0^{cm^3},2$ d'une solution d'un sel de cobalt — bromure, chlorure ou sulfate, par exemple — à 5 pour 100) est plus rapproché de celui de $Co\,Cl^3H$ que de celui de la combinaison iodhydrique.

Il se trouve dans l'orangé et est à trois bandes, dont les centres correspondent aux λ : 700, 662 et $640^{\mu\mu}$.

A égalité de dilution de l'ion Co, il est, sensiblement, deux fois plus intense que le spectre de la combinaison chlorhydrique, et, à ce point de vue, peut permettre de pousser plus avant la diagnose et le dosage du cobalt. Par contre, la coloration *verte* du liquide correspondant est proportionnellement moins intense que la coloration *bleue* de la solution obtenue avec HCl.

L'action de HI sur les solutions cobalteuses se distingue nettement de celle de HCl et de HBr.

Lorsque, en effet, à 2^{cm^3}, par exemple, d'une solution de HI (environ 10 fois normale), on ajoute, peu à peu, d'une solution à 5 pour 100 d'un sel de cobalt, on obtient une teinte qui s'accentue vers le vert et a son maximum d'intensité quand on a versé $0^{cm^3},7$ à $0^{cm^3},8$ de ce dernier liquide, soit environ 30 à 35 pour 100 du volume de l'acide [1].

Dès que cette dose est dépassée, il y a dissociation du produit d'addition et le mélange se décolore progressivement comme si on lui ajoutait de l'eau pure.

Cette coloration verte correspond non seulement à une forte bande d'absorption dans le rouge de $\lambda = 698^{\mu\mu}$, avec un intervalle clair de 705 à

---

[1] Cet acide doit être incolore ou à peine coloré. Comme il se dissocie très facilement sous l'influence des radiations lumineuses, si, dans le cours de l'opération ou des examens spectroscopiques ultérieurs, il brunissait sous l'influence de l'iode libéré, il suffirait de l'agiter vivement, avec un fort globule de mercure pour faire disparaître la teinte parasite, très nuisible aux observations de coloration et d'absorption spectrale.

$715^{\mu\mu}$, puis absorption de tout le reste du rouge vers l'infrarouge, mais, en outre, dans la région verte, en un très beau spectre, à bandes presque équidistantes situées, deux dans le vert ($\lambda = 555$ et $535^{\mu\mu}$) et une plus intense que les deux autres, au début du bleu ($\lambda = 517^{\mu\mu}$). On observe, ensuite, un intervalle clair, jusqu'au $\lambda = 490^{\mu\mu}$, à partir duquel toute la partie indigo et violette est brusquement et totalement absorbée.

II. L'ion nickel ne donne pas de spectres d'absorption de bandes ni de variation de couleur en présence des acides HCl et HBr, dont il ne paraît pas, ainsi, subir de modifications comparables à celles que ces acides font éprouver au cobalt.

En présence de HI, au contraire, il fournit une réaction chromoscopique d'une extrême sensibilité, non encore signalée.

C'est ainsi que lorsque, dans 1 ou 2^{cm^3} de HI concentré, on ajoute une goutte de solution de SO^4Ni (à 4 pour 100 de nickel-ion), on obtient, après mélange, une coloration rouge sang intense, rappelant celle du sulfocyanate ferrique, et disparaissant par dilution aqueuse entraînant la dissociation du complexe coloré formé.

Il se produit, encore, une teinte grenadine très nette, avec $0^{mg},1$ d'ion Ni, par centimètre cube de HI, cet ion pouvant être apporté par une solution nickéleuse quelconque, mais dont il ne faudra pas ajouter, sous peine de dissociation, plus de 30 à 40 pour 100 du volume de l'acide employé.

Cette coloration n'amène pas de spectre de bandes, mais détermine une absorption progressive de la partie la plus réfrangible du spectre, à partir du vert.

Avec HF pur, employé dans des tubes paraffinés, ni Co, ni Ni ne donnent des solutions présentant des spectres d'absorption spéciaux ou des teintes particulières; dans le mélange de cet acide, avec les solutions de ces ions, tout se passe comme dans leur dilution par l'eau.

Comme il en est de même en présence de H^2SO^4 concentré, milieu anhydrisant par excellence, ainsi d'ailleurs que HF, la controverse toujours pendante entre la théorie de l'anhydrisation et celle des combinaisons du type $M''X^3H$, pour expliquer les faits qui précèdent, semble bien se décider, définitivement, en faveur de cette dernière.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Fixation de l'oxyde de carbone sur un magnésien par l'intermédiaire du chlorure chromique.* Note de MM. **André Job** et **Antoine Cassal**, présentée par M. Charles Moureu.

L'un de nous, en collaboration avec M. Reich, a signalé que le produit de la réaction du bromure de phényl-magnésium sur le chlorure chromique absorbe l'oxyde de carbone [1]. On pouvait espérer qu'il y avait là un moyen de préparer le chrome-carbonyle. Nous avons repris cette étude et il semble d'abord que l'oxyde de carbone ne reste pas fixé sur le chrome, mais qu'il est immédiatement activé et transporté sur le magnésien.

Nous opérons de la façon suivante :

Dans un ballon à double paroi que l'on peut refroidir grâce à une circulation d'eau, on introduit 200^{cm^3} d'une solution éthérée de bromure de phényl-magnésium ($\frac{1}{3}$ de molécule) [2]. On ajoute 50^{cm^3} de benzine anhydre pour dissoudre les éthérates de MgBrCl qui se forment dans la réaction. Le ballon, fixé sur une machine à agiter de Grignard, est purgé avec de l'oxyde de carbone pur et sec, et mis en communication avec un gazomètre empli de ce gaz.

Le magnésien, agité dans cette atmosphère d'oxyde de carbone, ne le fixe pas, du moins dans l'intervalle de température où nous opérons (entre $+5^\circ$ et $+30^\circ$). Un dispositif facile à imaginer permet alors d'introduire, sans accès d'air, une certaine dose de chlorure chromique anhydre. Aussitôt on voit apparaître une coloration brune foncée et l'absorption de l'oxyde de carbone commence.

Après 4 heures environ d'agitation, l'absorption est terminée : il est entré en réaction 7300^{cm^3} de CO (à 0° sous 760^{mm}), donc sensiblement $\frac{1}{3}$ de molécule. La dose d'oxyde de carbone fixée n'est pas proportionnelle à la dose de chlorure chromique, mais bien à la quantité de magnésien : une molécule de bromure de phényl-magnésium fixe une molécule d'oxyde de carbone et il suffit pour cela que l'on ait mis en jeu $\frac{1}{15}$ de molécule de chlorure chromique. C'est bien là le caractère d'une activation catalytique où le magnésien sert d'accepteur à l'oxyde de carbone [3]. A la fin de la réaction le contenu du ballon a pris un aspect rouge brun.

---

(1) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1439.

(2) Le magnésien est titré par la méthode de Job et Reich.

(3) La fixation du CO est bien due à l'excès de l'accepteur C^6H^5MgBr. En effet, nous avons agité dans une atmosphère d'azote du bromure de phényl-magnésium avec du chlorure chromique en léger excès jusqu'à disparition complète du magnésien. Le produit de la réaction ne fixait plus l'oxyde de carbone.

Afin d'étudier les produits formés nous avons hydrolysé avec précaution la solution rouge brune par de la glace en présence d'un léger excès d'acide acétique ou d'acide sulfurique très dilué.

Il surnage alors une couche éthéro-benzénique colorée en jaune brun. On l'abandonne à elle-même pendant quelques heures, et elle laisse déposer un produit amorphe jaune qui paraît être un organo-métallique du chrome, probablement de la nature des composés de Hein. La liqueur éthéro-benzénique est alors neutralisée et séchée sur du sulfate de magnésium anhydre. L'éther est chassé au bain-marie. Il reste une huile d'où se séparent lentement à froid d'abondants cristaux que nous avons reconnus pour de la benzopinacone

$$\begin{array}{c} \quad OH \; OH \\ {C^6H^5 \atop C^6H^5} \!\!>\! \overset{|}{C} - \overset{|}{C} \!<\!\! {C^6H^5 \atop C^6H^5} \end{array}$$

Cette benzopinacone est un produit important de la réaction (environ 33 pour 100 de la totalité des groupes phényles introduits). Après séparation de ces cristaux nous avons distillé dans le vide l'huile brune épaisse qui nous restait. On voit alors apparaître de la benzophénone $C^6H^5 - CO - C^6H^5$ et du benzhydrol $C^6H^5 - CHOH - C^6H^5$; ce sont probablement des produits issus normalement, par décomposition, de la benzopinacone non cristallisée. On recueille aussi en quantités notables du diphényle (environ 14 pour 100 des groupes C^6H^5 introduits), de la diphénylacétophénone (environ 10 pour 100) et du benzaldéhyde. Ce dernier, d'après la température où il apparaît (180-190° sous 17^{mm} Hg), est certainement un produit de décomposition.

Ainsi nous avons démontré la fixation de l'oxyde de carbone sur le bromure de phénylmagnésium en présence de chlorure chromique et identifié quelques produits dont le plus important est la benzopinacone. Pour le moment nous ne savons pas encore reconstituer avec certitude le mécanisme de la réaction [1].

---

[1] La benzopinacone, obtenue par hydrolyse, fait penser au magnésien

$$\begin{array}{c} \quad OMgBr \qquad\qquad OMgBr \\ {C^6H^5 \atop C^6H^5} \!\!>\! \overset{|}{C} \text{———} C \!\!\begin{array}{l} / OMgBr \\ - C^6H^5 \\ \backslash C^6H^5 \end{array} \end{array}$$

et celui-ci pourrait résulter de l'action de C^6H^5MgBr sur le benzile

$$C^6H^5 - CO - CO - C^6H^5.$$

Il est donc possible que le benzile soit un produit intermédiaire de la réaction.

Au cours de ce travail nous avons eu connaissance du Mémoire de MM. W.-L. Gilliland et A. Blanchard qui ont étudié la fixation de l'oxyde de carbone sur le bromure de phénylmagnésium par l'intermédiaire du nickel-carbonyle. Parmi les produits qu'ils obtiennent, ils signalent aussi la diphénylacétophénone, qu'ils désignent par sa forme énolique (triphényl-vinyl-alcool). Ils ne signalent pas la présence de benzopinacone. Pourtant nous avons opéré ([1]), avec le chlorure de nickel de la même façon qu'avec le chlorure de chrome, et nous avons retrouvé la benzopinacone comme produit important de la réaction.

Dans le cas du chlorure de nickel il est naturel de penser que le nickel-carbonyle est l'intermédiaire de la réaction catalytique. D'ailleurs, nous retrouvons dans les produits de la réaction du nickel-carbonyle libre. Dans le cas du chrome il est possible qu'un chrome-carbonyle serve aussi d'intermédiaire. En réalité nous avons déjà réussi à isoler de petites quantités d'un chrome-carbonyle cristallisé blanc, sublimable que nous décrirons dans une prochaine Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un isomère présumé du méthylène-amino-acétonitrile. Méthylène-bis-imino-diacétonitrile.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. Ch. Moureu.

Le méthylène-amino-acétonitrile constitue une substance bien cristallisée, fusible à 129°, découverte par Jay et Curtius ([2]) dans l'action de l'aldéhyde formique sur un mélange de cyanure de potassium et de chlorure d'ammonium, c'est-à-dire sur du cyanure d'ammonium. Matière première avantageuse du glycocolle, le méthylène-amino-acétonitrile a été étudié ultérieurement à divers titres par nombre d'auteurs (Cambier et Brochet, Klages, Delépine, Bailey, Fargher, Johnson et Rinehart, etc.)

Il ne répond pas à la formule simple $CH^2 : N.CH^2.CN$; Klages ([3]) lui avait attribué un poids moléculaire double $(C^3H^4N^2)^2$. D'après Johnson et Rinehart ([4]), la formule est triple $(C^3H^4N^2)^3$, comme pour d'autres dérivés azotés de l'aldéhyde formique. En supposant que la constitution du

---

([1]) Avec la collaboration de M. Frédéric Contet.

([2]) R. Jay et Th. Curtius, *D. ch. Ges.*, 27, 1894, p. 59.

([3]) A. Klages, *J. f. prakt. Chem.*, (2), 65, 1902, p. 188; *D. ch. Ges.*, 36, 1903, p. 1506.

([4]) T. B. Johnson et H. W. Rinehart, *Am. chem. Soc.*, 46, 1924, p. 768, 1653.

méthylène-amino-acétonitrile soit

$$\mathrm{CN.CH^2.N}\left\langle\begin{array}{l}\mathrm{CH^2 - N.CH^2.CN} \\ \qquad\qquad \rangle\mathrm{CH^2} \\ \mathrm{CH^2 - N.CH^2\ CN}\end{array}\right.$$

on ne conçoit pas d'isomérie. Cependant Klages décrivit sommairement une combinaison fusible à 86°, de même composition $C^3H^4N^2$ que le méthylène-amino-acétonitrile. Récemment, Johnson et Rinehart ont fait une étude plus étendue de cette combinaison : elle se forme régulièrement dans les eaux mères de préparation du méthylène-amino-acétonitrile et possède comme ce dernier une formule triple $(C^3H^4N^2)^3$; une différence importante est révélée par l'action des alcalis qui chassent la moitié de l'azote de la combinaison fusible à 129° sous forme d'ammoniaque, alors qu'ils en expulsent les deux tiers dans son présumé isomère.

On ne voit guère quelles représentations il faudrait imaginer pour exprimer l'isomérie des deux substances, si elle était véritable, et, en fait, Johnson et Rinehart n'en ont pas proposé. Averti par mes recherches antérieures de la complexité des réactions réciproques des aldéhydes, de l'ammoniaque et de l'acide cyanhydrique [1] j'ai pensé que la réalité était bien simple, et que le composé fusible à 86° n'était pas un isomère du méthylène-amino-acétonitrile, mais le dérivé méthylénique de l'imino-diacétonitrile, de composition $C^9H^{10}N^6$, c'est-à-dire

$$\begin{array}{l}\mathrm{NC.CH^2} \\ \mathrm{NC.CH^2}\end{array}\rangle\mathrm{N.CH^2.N}\langle\begin{array}{l}\mathrm{CH^2.CN} \\ \mathrm{CH^2.CN}\end{array}$$

En fait : 1° l'analyse a confirmé la formule $C^9H^{10}N^6$; 2° la constitution proposée est d'accord avec les observations de Johnson et Rinehart que les alcalis chassent, sous forme d'ammoniaque, les deux tiers de l'azote, évidemment celui des quatre fonctions nitriles; 3° l'action de l'acide chlorhydrique en présence d'alcool fournit un chlorhydrate $ClH.NH(CH^2.CN)^2$, avec départ de formal diéthylique; 4° ce chlorhydrate additionné d'aldéhyde formique reproduit la combinaison fusible à 86°; 5° la saponification par la baryte, suivie d'une élimination stricte de celle-ci par l'acide sulfurique, puis d'une ébullition pour chasser CH^2O, conduit à l'acide iminodiacétique $NH(CH^2.CO^2H)^2$.

A ces données d'ordre analytique déjà probantes, je puis ajouter les expériences synthétiques suivantes : 1° l'imino-diacétonitrile, préparé selon

---

(1) M. Delépine, *Comptes rendus*, **137**, 1903, p. 984 et 1257.

Eschweiler, dissous en ClH 2N puis additionné d'aldéhyde formique, donne en quelques instants des cristaux fusibles à 82-83° qui, après une reprise dans 6 parties d'alcool à 50° bouillant, fondent à 86°; on peut opérer aussi en milieu acétique.

2° Enfin, on obtient encore ces mêmes cristaux dans des conditions qui rappellent celles où ils furent trouvés lors de la préparation du méthylène-amino-acétonitrile; pour cela, on ajoute au méthylène-amino-acétonitrile de l'acide cyanhydrique au quart, puis de l'aldéhyde formique et une goutte d'acide chlorhydrique. Il y a bientôt dissolution complète, puis apparaissent des aiguilles dont la masse s'accroît rapidement. Après 3-4 jours, on récolte abondamment le méthylène-bis-imino-diacétonitrile fusible à 86°; sa genèse s'explique de la façon suivante : sous l'influence dépolymérisante de ClH [1], le méthylène-amino-acétonitrile $CH^2:N.CH^2.CN$ fixe CNH pour engendrer l'imino-diacétonitrile $NC.CH^2.NH.CH^2.CN$ qui réagit ensuite sur l'aldéhyde formique avec élimination d'eau.

Ces résultats, tant analytiques que synthétiques, ne laissent aucun doute que le présumé isomère du méthylène-amino-acétonitrile est bien le méthylène-bis-imino-diacétonitrile.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'inverse optique du rhamnose naturel.* Note [2] de MM. **Emile Votoček** et **F. Valentin**, présentée par M. Charles Moureu.

Si l'on fait abstraction des isoméries dues à la liaison oxydique, on prévoit 16 types stéréochimiques de méthylpentoses, c'est-à-dire le même nombre que dans la série des aldohexoses. Mais, tandis que dans cette dernière on connaît presque tous les types prévus par la théorie, le nombre des méthylpentoses est loin d'être complet. Le premier sucre naturel de la série méthylpentosique fut le *l-rhamnose*, dont la découverte remonte à

---

(1) Cette condition est nécessaire. En 1903, j'avais signalé que le méthylène-amino-acétonitrile ne se combinait pas à l'acide cyanhydrique (pur ou aqueux); le fait fut trouvé assez étrange par Bailey et Sydner (*Am. chem. Soc.*, **37**, 1915, p. 935) qui purent unir aisément ces deux substances; mais, plus tard, Bailey et Lochte (*Ibid.*, **39**, 1917, p. 2453) reconnurent que c'était parce qu'ils avaient employé un acide cyanhydrique additionné d'acide chlorhydrique en vue de sa conservation. Sans adjonction d'acide minéral, ils constatèrent que la réaction est strictement nulle comme je l'avais annoncé.

(2) Séance du 28 juin 1926.

Illasiwetz et Pfaundler. Au rhamnose vinrent s'ajouter, comme méthylpentoses naturels: le *fucose* (Günther et Follens), le *quinovose* (E. Fischer et Liebermann), le *rhodéose* (Votoček), l'*isorhodéose* (Votoček). Outre les sucres cités, quelques isomères stéréochimiques furent obtenus par épimérisation indirecte de méthylpentoses naturels. Ce sont : l'*épirhamnose* ou isorhamnose (E. Fischer et Herborn), l'*épirhodéose* (Votoček et Kraüz), l'*épifucose* (Votoček et Červený).

Dans le présent travail, nous ajoutons à la série des méthylpentoses un nouvel isomère stéréochimique, l'inverse optique du rhamnose naturel. Ce sucre a déjà été entrevu, par l'un de nous, au cours d'un travail qui avait pour but d'établir la configuration stéréochimique de l'isorhodéose ([1]). La comparaison de la *p*-bromophénylosazone de l'isorhodéose avec l'osazone correspondante du rhamnose ordinaire faisait penser que les deux méthylpentoses étaient des inverses optiques l'un de l'autre.

Afin de vérifier cette hypothèse, on avait soumis l'acide isorhodéonique à l'épimérisation par chauffage avec de la pyridine en solution aqueuse, puis réduit le mélange de lactones (composé de lactone isorhodéonique et de lactone épimérisée), ce qui donnait un mélange d'isorhodéose et de son épimère. Ce dernier était sûrement l'inverse optique du rhamnose naturel, car, soumis à la réaction de Kiliani (fixation d'acide cyanhydrique et saponification ultérieure), les sucres se transformaient en un mélange de deux acides méthylpento-hexoniques dont l'oxydation a fourni de l'acide mucique.

Ayant préparé une quantité suffisante d'isorhodéose (par hydrolyse de l'acide purgique), nous nous sommes proposé de préparer le rhamnose antipode à l'état pur.

Pour cela, l'isorhodéose cristallisé a été transformé (par le brome en présence d'eau) en acide isorhodéonique, lequel a été épimérisé ensuite par la méthode à la pyridine. Nous avons pu isoler ainsi la *lactone d-rhamnonique*, inverse optique de la lactone rhamnonique ordinaire. La nouvelle lactone formait de petites aiguilles blanches, luisantes. Elle était lévogyre : $[\alpha]_D^{18} = -40°,9$ en solution à 10 pour 100. Pour la lactone ordinaire (*l*-rhamnonique), Rayman avait donné la valeur $[\alpha]_D = +39°,04$.

Nous avons réduit 10^g de cette nouvelle lactone par la méthode habituelle à l'amalgame de sodium.

Le sirop sucré a été débarrassé des sels sodiques par plusieurs traitements

---

([1]) E. Votoček, *D. ch.* ., 44, 1911, p. 819.

à l'alcool. Une prise d'essai, délayée avec de l'acide acétique anhydre et étendue en couche mince, cristallisait au bout de quelques heures. La masse cristalline a servi à amorcer la totalité du sirop. Après avoir abandonné le sirop pendant plusieurs semaines à la cristallisation, nous en avons extrait les cristaux par le procédé habituel (essorage avec de l'alcool à 96 pour 100).

Le nouveau sucre, le *d-rhamnose*, avait, au signe de rotation près, toutes les propriétés du rhamnose naturel. Par évaporation lente à la température ordinaire, il se sépare de ses solutions concentrées en beaux cristaux bien développés, à reflets brillants. L'analyse élémentaire et la détermination du pouvoir rotatoire ont montré que c'est du rhamnose monohydraté, comme dans le cas du rhamnose naturel.

Le pouvoir rotatoire final était, à 16°,5 et dans une solution à 10 pour 100, $[\alpha]_D = -8°,25$, ce qui, *au signe près*, s'accorde bien avec les valeurs trouvées par divers auteurs.

Nous avons également préparé la *p-bromophénylhydrazone* et la *p-bromophénylosazone* de notre nouveau sucre. La première fondait à 167° et la seconde à 222°-223°.

Distillé avec de l'acide chlorhydrique à 12 pour 100, le *d*-rhamnose fournissait beaucoup de méthylfurfurol, qui a été caractérisé par plusieurs réactions.

Nous sommes en train de préparer une quantité plus considérable de *d*-rhamnose, surtout en vue d'étudier les caractères cristallographiques du nouveau sucre.

Pour terminer, nous donnons ici les schémas stéréochimiques illustrant notre synthèse du *d*-rhamnose :

CH(O)	CO_2H	CO_2H	CH(O)
H — C — OH	H — C — OH	OH — C — H	OH — C — H
OH — C — H	OH — C — H	OH — C — H	OH — C — H
H — C — OH	H — C — OH	H — C — OH	H — C — OH
H — C — OH	H — C — OH	H — C — OH	H — C — OH
CH_3	CH_3	CH_3	CH_3
Isorhodéose.	Acide isorhodéonique.	Acide épi-isorhodéonique ou *d*-rhamnonique.	*d*-rhamnose.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du bromure d'éthylmagnésium sur l'éther méthylique de l'α-mononitrile de l'acide camphorique.* Note de M. F. **Salmon-Legagneur**, présentée par M. Ch. Moureu.

J'ai décrit ici même ([1]) soit en collaboration avec M. Haller, soit seul, l'action des dérivés organomagnésiens (CH^3MgI et C^6H^5MgBr) sur l'éther méthylique de l'α-mononitrile de l'acide camphorique. Dans la présente Note j'exposerai les résultats que l'on obtient en condensant le bromure d'éthylmagnésium sur ce même éther.

Cette réaction a été faite au sein de l'éther anhydre en condensant quatre molécules de dérivé organomagnésien pour une molécule d'éther méthylique. On isole après le traitement ordinaire : 1° un produit cristallisé; 2° une substance huileuse.

1° Le dérivé cristallisé est peu soluble dans l'éther, soluble dans les acides étendus. L'analyse et ses propriétés lui assignent la constitution d'une *α-éthylidène-camphidone :*

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} C = CH - CH^3 \\ \\ CO \end{matrix}\right\rangle NH \qquad (I).$$

de formule brute $C^{12}H^{19}ON$ (F = 206°, pouvoir rotatoire dans l'alcool absolu $[\alpha]_D^{16°} = +11°16'$). En effet, par oxydation chromique ce produit donne les acides camphorique et acétique. Par action successive de $NaNH^2$ et de $C^6H^5CH^2Cl$ on obtient l'*α-éthylidène-N-benzylcamphidone :*

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} C = CH - CH^3 \\ \\ CO \end{matrix}\right\rangle N.CH^2C^6H^5$$

(F = 140°-141°, dans l'alcool absolu $[\alpha]_D^{18°} = +43°46'$) dont l'oxydation conduit aux acides camphorique et acétique et à la benzylamine. Le dérivé N allylé : $C^{15}H^{23}ON$ (F = 125°-126°, dans l'alcool absolu $[\alpha]_D^{21°} = +67°34'$) a été également préparé. Le brome en solution chloroformique donne un

([1]) Haller et Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 883 et 1621; Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 790.

dérivé dibromé d'addition : $C^{12}H^{19}ONBr^2$ (corps se décomposant avant fusion). L'α-éthylidène-camphidone très stable vis-à-vis des agents d'hydrolyse ordinaires est en outre susceptible de donner dans certaines conditions avec HCl gazeux un chlorhydrate : $[C^{12}H^{19}ON]HCl$ (F = 230°-235°), mais je n'ai pu isoler ni dérivé picrique ni chloroplatinate cristallisé.

La formation de l'α-éthylidène-camphidone peut s'expliquer d'après un processus analogue à celui que j'ai proposé (1) pour l'action de C^6H^5MgBr sur le même éther, mais ici le dérivé instable, obtenu par cyclisation, se transforme en dérivé plus stable par déplacement de la double liaison :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CN\\COOCH^3\end{matrix}\right. \xrightarrow{+C^2H^5MgBr} C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}C\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\NMgBr\end{matrix}\right.\\COOCH^3\end{matrix}\right.$$

$$\rightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}C-CH^2-CH^3\\ \diagdown N\\CO\end{matrix}\right. \rightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}C=CH-CH^3\\ \diagdown NH\\CO\end{matrix}\right.$$

2° L'huile soumise à la distillation fractionnée sous pression réduite a donné :

a. De la camphorimide qui n'était pas présente dans le mélange avant distillation et dont je n'ai pu jusqu'ici expliquer la présence.

b. Un nitrile alcool secondaire

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CN\\CHOHC^2H^5\end{matrix}\right. :$$

(II).

[*propylol*-1′]-1-*triméthyl*-1.2.2-*méthylnitrile*-3-*cyclopentane* (F. 79°-80°. Éb. 185°-187° sous 18mm; dans l'alcool absolu $[\alpha]_D^{18°} = +63°54'$; dérivé orthonitrobenzoylé $C^{19}H^{24}O^4N^2$: F. 112°-113°). Le carboxyle de l'éther méthylique de l'α-mononitrile de l'acide camphorique étant lié à un atome de carbone tertiaire, la formation d'un alcool secondaire est normale dans le cas présent ainsi qu'en témoignent plusieurs exemples analogues (2); la réaction est, du reste, accompagnée d'un dégagement d'éthylène.

c. De l'α-éthylidène-camphidone.

---

(1) Salmon-Legagneur, *loc. cit.*

(2) Letellier, *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 343, et Leroide, *Annales de Chimie*, 9e série, 16, 1921, p. 366 et 382.

Je n'ai pu isoler à côté de cette dernière le nitrile alcool tertiaire

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CN\\ C\left\langle\begin{array}{l}OH\\ (C^2H^5)^2\end{array}\right.\end{array}\right.$$

qui pouvait également se former.

En résumé, le bromure d'éthylmagnésium, réagissant sur l'éther méthylique de l'α-mononitrile acide camphorique au sein de l'éther anhydre, donne, comme produit de condensation, de l'α-éthylidène-camphidone (I) et un nitrile alcool secondaire (II).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse et l'hydrolyse d'un diéther glycéromonophosphorique : l'acide $\alpha\beta$ diglycéromonophosphorique et sur la constitution de l'acide orthophosphorique.* Note de MM. **Octave Bailly** et **Jacques Gaumé**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Abstraction faite des isomères d'ordre stéréochimique, la théorie prévoit l'existence de cinq diéthers glycéromonophosphoriques : deux diéthers monoglycéromonophosphoriques, l'acide $\alpha\alpha'$-monoglycéromonophosphorique (I) et l'acide $\alpha\beta$-monoglycéromonophosphorique (II) et trois diéthers diglycéromonophosphoriques, l'acide $\alpha\alpha$-diglycéromonophosphorique (III), l'acide $\beta\beta$-diglycéromonophosphorique (IV) et l'acide $\alpha\beta$-diglycéromonophosphorique (V).

$$O=P\left\langle\begin{array}{l}OH\\ O.CH^2\\ O.CH^2\end{array}\right\rangle CH.OH \qquad (I)$$

$$O=P\left\langle\begin{array}{l}OH\\ O.CH-CH^2.OH\\ O.CH^2\end{array}\right. \qquad (II)$$

$$O=P\left\langle\begin{array}{l}OH\\ O.CH^2-CH.OH-CH^2.OH\\ O.CH^2-CH.OH-CH^2.OH\end{array}\right. \qquad (III)$$

$$O=P\left\langle\begin{array}{l}OH\\ O.CH\left\langle\begin{array}{l}CH^2.OH\\ CH^2.OH\end{array}\right.\\ O.CH\left\langle\begin{array}{l}CH^2.OH\\ CH^2.OH\end{array}\right.\end{array}\right. \qquad (IV)$$

$$O=P\left\langle\begin{array}{l}OH\\ O.CH^2-CH.OH-CH^2.OH\\ O.CH\left\langle\begin{array}{l}CH^2.OH\\ CH^2.OH\end{array}\right.\end{array}\right. \qquad (V)$$

L'industrie mondiale fabrique *transitoirement*, chaque jour, des centaines de kilogrammes de diéthers glycéromonophosphoriques dans l'importante

production des glycérophosphates médicamenteux. L'étude de ces corps offre, de ce fait, un intérêt évident.

Seul parmi eux, cependant, le diéther (III) a été l'objet de recherches dues à E. Fischer et E. Pfähler [1] qui l'ont préparé synthétiquement par action de l'oxychlorure de phosphore sur l'acétoneglycérine en présence de pyridine. Cette réaction conduit à l'obtention d'un diéther diacétoneglycérophosphorique, dont l'hydrolyse ménagée aboutit, par élimination des résidus acétoniques, au diéther (III).

Les présentes recherches ont trait à la synthèse et à l'hydrolyse du diéther (V).

Nous avons d'abord essayé de préparer ce corps en faisant réagir l'α-monochlorhydrine de la glycérine sur le β-glycérophosphate de sodium, mais les mauvais rendements obtenus nous ont obligé à avoir recours à l'action, en solution aqueuse, de l'épichlorhydrine sur le même sel, pour ainsi dire *quantitative*. Cette réaction conduit à l'obtention d'un diéther mixte glycido-β-glycérophosphorique facilement transformable, par fixation d'une molécule d'eau sur la fonction oxyde d'éthylène, en diéther (V) qu'il reste à séparer du chlorure de sodium corrélativement formé. Ce sel se dissolvant abondamment dans les deux seuls solvants du diéther (V), eau et alcool méthylique, nous avons dû avoir recours à un procédé détourné pour isoler ce dernier : par double décomposition avec le sulfate d'argent, nous avons substitué au chlorure de sodium du sulfate de sodium strictement insoluble dans l'alcool méthylique, de sorte que, par évaporation de la liqueur et reprise du résidu par cet alcool, il nous a été possible d'isoler le diéther visé à l'état de sel de sodium pur.

L'α-βdiglycéromonophosphate de sodium a été obtenu à l'état cristallisé après séjour prolongé à la glacière dans le vide sulfurique. Soluble en toute proportion dans l'eau, il est doué d'une très grande hygroscopicité. Très soluble dans l'alcool méthylique, il est insoluble dans l'alcool éthylique, l'éther, l'acétone, le chloroforme et les autres solvants habituels des laboratoires. L'addition de nombreux sels métalliques à sa solution aqueuse n'a déterminé la formation d'aucun précipité. Soumis à la calcination, il abandonne un résidu de métaphosphate de sodium PO^3Na. Mais sa propriété la plus importante réside dans son hydrolyse alcaline ménagée : chauffé à la température du bain-marie bouillant, avec une proportion équimoléculaire de soude, en solution aqueuse étendue, il conduit, en

---

(1) Emil Fischer et Ernst Pfähler, *Ber. d. ch. Ges.*, 53, 1920, p. 1619-1621.

effet, à l'obtention *quantitative* d'un mélange, en proportions à peu près égales, des deux monoéthers ou acides α et β-glycérophosphoriques, sans mise en liberté de la moindre trace d'acide phosphorique.

Deux conclusions d'ordre théorique dignes d'être soulignées, découlent de notre travail :

1° La synthèse du diéther $\alpha\beta$-diglycéromonophosphorique à partir du monoéther β, suivie de l'hydrolyse de ce diéther, constitue un curieux procédé de passage (avec un rendement de l'ordre de 50 pour 100) de l'acide β à l'acide α-glycérophosphorique ;

2° Le même cycle d'opérations apporte, sinon une preuve, du moins une forte probabilité expérimentale en faveur de l'égalité des trois fonctions de l'acide orthophosphorique généralement admise aujourd'hui, bien que contraire aux apparences thermochimiques (expériences classiques de Berthelot et Louguinine) et à la façon dont se comporte cet acide vis-à-vis des indicateurs colorés. La position du reste de glycérine attaché en α dans la molécule du diéther (V) exigerait, en effet, si les trois fonctions de cet acide étaient réellement dissemblables, que le monoéther α résultant de l'hydrolyse de ce diéther, soit différent du classique monoéther α, puisque l'éthérification y porterait sur la fonction moyenne au lieu d'affecter la fonction faible. Or, il n'en est rien. Il y a là, à défaut d'une démonstration de l'égalité des trois fonctions de l'acide orthophosphorique, *une preuve expérimentale de l'égalité de deux d'entre elles*, qui constitue du moins, et selon l'expression que nous avons employée ci-dessus, une forte probabilité en faveur de l'analogie totale des trois fonctions. La preuve expérimentale de cette complète similitude ne saurait être fournie que par l'étude d'un triéther orthophosphorique mixte $O = P \equiv (OR_1)(OR_2)(OR_3)$.

CHIMIE. — *Préparation de l'éosinate de césium.* Note de M. **René Delaplace**, présentée par M. Moureu.

Des considérations d'ordre physico-chimiques appliquées à la biologie nous ont amené à préparer pour la première fois de l'éosinate de césium. La rareté et le prix des sels de césium, la fragilité chimique de l'éosinate de césium, nous ont obligé à chercher une méthode de préparation qui donne directement l'éosinate de césium pur et qui permette de récupérer intégralement le césium sous la forme même où il doit, de nouveau, entrer en réaction.

Le principe de la méthode est le suivant :

Faire réagir de l'éosine acide sur une solution d'hydroxyde de césium préparée à partir du métal.

Préparation de l'éosine acide. — L'éosine acide est obtenue par précipitation d'un éosinate de soude ou de potasse pur par une solution diluée et titrée d'acide sulfurique ou chlorhydrique. L'éosine acide précipitée est lavée à l'eau distillée par décantation, puis séchée à l'étuve entre 40 et 50°.

Préparation d'une solution de CsOH. — Nous avons obtenu la solution de CsOH en attaquant par l'eau le césium métallique. Celui-ci a été préparé par la méthode d'Hackspill qui consiste à faire réagir 2 parties de chlorure de césium sur 1 partie de calcium en rognures

$$2\,CsCl + Ca \rightleftharpoons CaCl^2 + 2\,Cs.$$

Le mélange est enfermé dans une gaine d'acier introduite dans un tube de pyrex. On chauffe le tout dans le vide au chalumeau oxhydrique : le césium distille dans une ampoule cylindrique que l'on scelle ensuite.

La transformation de quelques grammes de césium en CsOH demande quelques précautions si l'on veut éviter des explosions graves. L'ampoule scellée est coupée et ouverte (le césium ne s'enflamme pas spontanément dans l'air sec à la température ordinaire), puis jetée dans un mortier contenant une quantité d'eau telle que l'ampoule ne soit pas submergée. Dans ces conditions l'attaque du Cs par l'eau se fait rapidement et sans danger.

Préparation de l'éosinate de césium. — Il est facile de calculer approximativement (à $0^g,1$ près) le poids de césium enfermé dans l'ampoule pour connaître le poids d'éosine acide qu'il faudra employer pour la combinaison totale avec CsOH. Il suffit alors de mélanger l'éosine acide à la solution de CsOH pour obtenir instantanément une solution d'éosinate de césium, l'excès d'éosine acide insoluble est séparée par filtration, et après évaporation au bain-marie, on obtient l'éosinate de césium cristallisé (1).

Récupération du césium. — Le tube d'acier et le tube de pyrex, qui ont servi à la préparation du césium, contiennent un mélange de césium, de chlorure de césium, de chlorure de calcium et de calcium. Il suffit alors de traiter par l'eau ce mélange, puis d'acidifier par l'acide chlorhydrique pour obtenir une solution de chlorure de calcium et de chlorure de césium d'où il sera facile d'extraire le chlorure de césium.

Dans une Note prochaine, nous indiquerons les propriétés chimiques et physiques de l'éosinate de césium, ainsi que les propriétés physico-chimiques susceptibles de préciser le mécanisme de la suppression du choc direct et anaphylactique analysé dans la Note de MM. Girard et Peyre (2).

---

(1) Par pesée de l'ampoule pleine de césium et de l'ampoule vide, il est facile de connaître le poids exact du césium, et partant le rendement théorique en éosinate de césium.

Le rendement pratique et le rendement théorique concordent parfaitement.

(2) Girard et Peyre, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 84.

PALÉONTOLOGIE. — *Nouvelles observations relatives à la faune de Rongeurs de Saint-Gérand-le-Puy*. Note [1] de M. VIRET, transmise par M. Ch. Depéret.

Dans une Note antérieure [2], j'ai étudié la faune de Rongeurs de Saint-Gérand-le-Puy, sur laquelle j'envoie aujourd'hui quelques détails complémentaires.

Fam. des Spalacidés, g. *Hystricopsis*. — J'ai proposé ce nom générique qui doit être abandonné. De nouveaux matériaux permettent en effet d'affirmer qu'il s'agit d'un Rat-taupe, en l'espèce du *Rhizospalax Poirrieri* Miller et Gidley, qui a fait l'objet d'une étude détaillée de M. Stehlin. L'humérus de ce fouisseur (long. 22,8) offre à peu près les mêmes proportions que celui de *Spalax*, quoique rappelant par certains caractères, ainsi que l'a signalé M. Stehlin, l'humérus de *Tachyoryctes*. Le fémur (long. 27,8), par ses dimensions relatives, son grand trochanter plus fort, ses condyles plus élargis correspond à des membres postérieurs plus puissants que ceux des *Spalax* actuels.

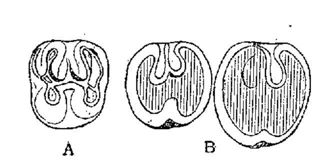


Fig. 1. — Molaires supérieures de *Rhodanomys Schlosseri* Dep. × 10. A. P^m, sup. gauche. B. P^m–M^1, sup. gauche très usées.

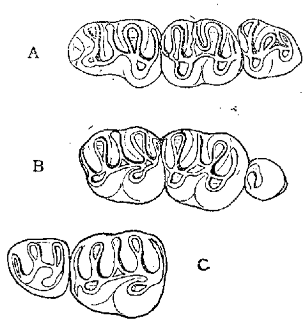


Fig. 2. — Dentition du *Plesiosminthus Schaubi* × 10. A. M_1–M_3, inf. gauches. B. P^m–M^2, sup. droites. C. M^2–M^3 sup. droites.

Fam. des Eomydés, g. *Rhodanomys*. — *Rhodanomys Schlosseri* Dep. et *Eomys Zitteli* Schloss. apparaissent comme deux formes extrêmement voisines à en juger par la similitude de taille, de structure de la mandibule et des dents. *Eomys* est cependant d'un niveau plus ancien. Je reproduis ici quelques

(1) Séance du 28 juin 1926.
(2) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 337.

molaires supérieures (*fig.* 1), conformes aux inférieures, montrant le mode d'usure particulier à *Rhodanomys* : l'effacement des quatre tubercules et des crêtes externes et leur remplacement par 2 plages en forme de croissants se faisant face par leurs bords concaves et réunis par un isthme très large. Sur la face externe de la dent, la vallée bifide offre alors un contour en ω (*Omegodus* Pomel). Puis l'une des vallées disparaît, tandis que l'autre passe à l'état d'îlot. J'attribue à ce rongeur un tibia relativement court (long. 18 à 20,5), soudé au péroné dans son tiers inférieur, ce qui rapproche évidemment les Eomydés des Myomorphes.

Fam. des Zapodidés. Plesiosminthus Schaubi ([1]) *n.* gen., n. sp. — La formule dentaire de ce minuscule rongeur (*fig.* 2) est celle des *Sminthinés* ou Souris sauteuses : $\frac{1}{1}$ I $\frac{1}{0}$ P $\frac{3}{3}$ M. La prémolaire supérieure est aussi réduite que dans le genre actuel *Sicista*, mais la troisième molaire supérieure, plus développée, a mieux conservé la structure normale des molaires. A la mandibule, les rapports des deux premières molaires sont renversés, M_1 étant prépondérante dans le genre fossile, tandis que M_2 est plus volumineuse dans le genre actuel. De plus, le profond sillon interne aux molaires supérieures et externe aux molaires inférieures, au lieu d'être très large et transversal comme chez *Sicista*, se dirige très obliquement en se pinçant vers l'intérieur de la dent. L'arcade zygomatique est bien basse comme dans le genre actuel.

On pouvait croire jusqu'ici à la différenciation récente du groupe des Souris sauteuses. La découverte du *Plesiosminthus* montre qu'à l'Oligocène supérieur, cette famille existait déjà avec des caractères d'adaptation très analogues à ceux des espèces actuelles.

Age du gisement. — Les couches qui ont fourni les documents de cette Note, bien que situées dans le bassin de Saint-Gérand, sont assurément un peu plus anciennes que les calcaires de Saint-Gérand proprement dits à *Helix arvernensis*. L'existence à ce niveau d'*Helix Ramondi*, assez abondant par endroits, mais associé à *Helix arvernensis*, montre qu'il s'agit d'une zone de transition entre le Stampien supérieur et l'Aquitanien.

([1]) Je dédie cette espèce à M. Schaub pour son remarquable travail sur les Cricétidés. Par une Note inframarginale de ce travail, j'apprends qu'en septembre 1925, des fragments de ce rongeur, provenant sans doute de la même carrière que ceux que je possédais, parvenaient au musée de Bâle. Je me suis alors décidé à ne pas différer davantage la publication de mes documents.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *La nature de la coupe florale chez les Chrysobalanées*. Note de M[lle] G. **Bonne**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

On nomme *coupe réceptaculaire* chez les Rosacées la base de la fleur, plus ou moins tubuleuse, évasée ou étalée, sur le bord libre de laquelle semblent s'insérer le périanthe et les étamines et qu'à l'intérieur tapisse le disque, épaississement de nature glandulaire. A ce terme nous préférons celui de *coupe florale*, plus général et plus exact, puisque l'origine de cet organe, le plus souvent appendiculaire, n'est que fort rarement et partiellement axiale (*Prinsepia* et *Nuttalia* parmi les Prunoidées, *Rosa* (¹) et, comme nous le démontrerons dans un autre travail, *Kerria*, *Rhodotypus* et *Chamæbatia* parmi les Rosoidées). Pour la coupe florale des Chrysobalanées nous retrouvons cette désignation courante de réceptacle creux, « creusé en éperon » dans les types zygomorphes, suivant l'expression de Velenovsky. Bien que, chez ceux-ci, la position élevée et latérale du gynécée donne une apparence de raison à cette conception, aucune preuve anatomique n'est donnée pour l'établir. En étudiant la course des faisceaux nous allons tenter d'expliquer l'organisation singulière de ces fleurs et d'éclairer leurs affinités.

Nous avons été conduite à reconnaître trois types de structure. Le premier, tout à fait aberrant, est présenté par le genre australien *Stylobasium*. Les faisceaux staminaux (*st*, *fig.* 1), contrairement à la règle, y sont complètement indépendants des dix faisceaux du périanthe, mais restent accolés sur un espace très court aux traces des carpelles. La libération successive de ces trois groupes de faisceaux se fait beaucoup plus bas que le fond de la fleur, comme s'il y avait concrescence d'un gynophore central avec l'ensemble de la coupe florale, étamines comprises. La partie libre du périanthe qui la surmonte ne peut être confondue avec elle puisqu'elle est *complètement dépourvue de disque;* on doit l'interpréter simplement comme la concrescence de la base des sépales avec celle des pétales avortés dont la nervation seule décèle la présence. La disparition du disque s'explique par le fait que sa position chez les autres Chrysobalanées occupe la base des étamines, et qu'ici, la concrescence de cette région avec le gynophore en a déterminé l'oblitération. L'existence réelle de ce gynophore est révélée par

(¹) G. Bonne, *Sur les faisceaux de rebroussement dans la coupe florale de certaines Rosacées* (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 189).

sa partie libre en forme de pédicule à la base du carpelle, au-dessous de l'insertion du style. En outre les sections transversales nous apprennent que les faisceaux des étamines forment deux cercles concentriques de cinq, représentant deux verticilles alternes et que le carpelle est unique, sans trace à sa base des loges rudimentaires que nous avons signalées dans les autres Chrysobalanées [1].

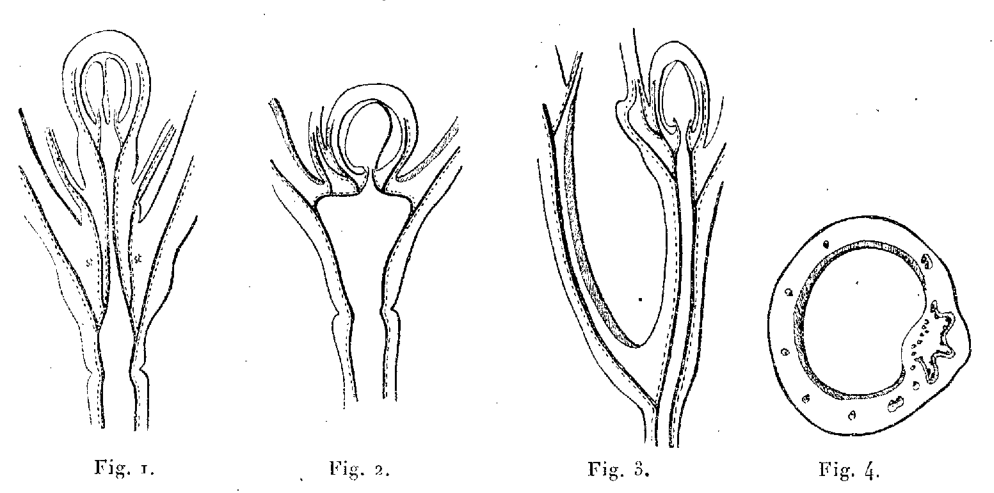


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Le second type de structure est réalisé dans la fleur parfaitement actinomorphe du *Chrysobalanus* (*fig.* 2). Ici, le manchon libéroligneux s'évase au sommet de l'axe en un réceptable court. Les dix faisceaux du périanthe s'en détachent un peu au-dessous, entraînant les traces des étamines qui restent confondues avec eux et ne s'en isolent par clivage latéral que vers le sommet du disque, c'est-à-dire à faible distance de la libération des filets staminaux. Ce qui reste du manchon conducteur, c'est-à-dire les traces des carpelles, rebroussant vers le centre, forme un plateau réceptaculaire rappelant l'aspect général que nous avons décrit dans *Prinsepia* [2], avec la différence que ce plateau, beaucoup moins large, ne participe pas à former la base de la coupe florale, de nature franchement appendiculaire. Le *disque tapisse régulièrement toute l'étendue de cette coupe.*

Le troisième type comprend toutes les Chrysobalanées zygomorphes et se trouve relié au précédent par des exemples nettement intermédiaires

---

(1) G. Bonne, *Sur la constitution du gynécée chez les Chrysobalanées* (*Comptes rendus,* 182, 1926, p. 1404).

(2) *Loc. cit.* [note (1), p. 73].

(*Licania*, *Grangeria*, rangés à tort parmi les actinomorphes). Ce groupe est d'une homogénéité si grande que c'est à peine si la division en genres peut s'y justifier. Si l'on examine l'un quelconque d'entre eux : *Hirtella*, *Couepia*, *Acioa* ou *Parinarium* (*fig.* 3), on constate que l'asymétrie florale provient du fait que les dix faisceaux du périanthe s'isolent du manchon axial à des niveaux différents. Les premiers libérés se trouvent du côté de l'éperon dont la nature appendiculaire n'est pas douteuse, tandis que, sur la face opposée ou ♀ de la coupe florale, nous voyons le reste de ce manchon passer tout d'un bloc (*fig.* 4), formant à l'intérieur un cordon saillant presque aussi long que la coupe elle-même, *sur le trajet duquel le disque manque*. Il nous paraît logique de considérer ce cordon, d'où se détache en haut le gynécée, comme un véritable gynophore concrescent avec la coupe dans toute son étendue. Dans *Grangeria* et surtout *Licania* cet organe beaucoup plus court ne surmonte que faiblement le fond de la coupe, de sorte qu'on voit réapparaître un *disque complet au-dessus de l'insertion du gynécée*. Dans tous ces cas, la conception du réceptacle creusé en éperon doit être rejetée.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un nouveau glucoside, hydrolysable par la rhamnodiastase, retiré des fleurs fraîches de l'*Ulex europæus *L.* Note de MM. M. Bridel et C. Béguin, présentée par M. L. Guignard.

La méthode biochimique de recherche des glucosides hydrolysables par la rhamnodiastase, telle que l'ont instituée MM. Bridel et C. Charaux [1], a permis de déceler la présence d'un glucoside dans les fleurs fraîches de l'*Ulex europæus* L, comme le montrent les résultats suivants, obtenus sur un liquide dont 100^{cm^3} représentent 100^g de fleurs fraîches.

	Rotation ($l = 2$).	Sucre réducteur pour 100^{cm^3}.
	° ′	g
Avant l'essai	—0.48	2,198
Après l'action de l'invertine	—1.10	2,613
Après l'action de la rhamnodiastase	—0.50	2,728

Remarquons la forte quantité de sucre réducteur que renferment les fleurs fraîches d'Ajonc.

L'invertine a provoqué un changement de déviation vers la gauche de 22′ avec for-

[1] *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1167.

mation de $0^g,415$ de sucre réducteur. L'indice de réduction, 1131, est près du double de celui du saccharose.

Sous l'action de la rhamnodiastase, il s'est produit un retour de la déviation vers la droite de 20′ et il s'est formé $0^g,115$ de sucre réducteur, exprimé en glucose, soit un indice de 345.

La preuve de la présence, dans les fleurs fraîches d'Ajonc, d'un glucoside hydrolysable par la rhamnodiastase, est donc très nette, et nous avons tenté et réussi l'extraction de ce glucoside que nous proposons d'appeler *Ulexoside*.

Extraction et propriétés de l'ulexoside. — Les fleurs fraîches d'Ajonc, cueillies par l'un de nous au Pouldu (Finistère), ont été traitées par l'alcool bouillant trois jours après leur récolte. On a opéré sur 430^g.

On a distillé l'alcool et l'on a épuisé le résidu aqueux par l'éther qui a dissous une substance huileuse, puis on a concentré ce résidu aqueux, sous pression réduite, à 100^g environ. L'ulexoside a cristallisé dans le liquide du mois d'octobre 1925 au mois de juin 1926; on en a obtenu $1^g,75$ qu'on a purifié par cristallisations dans l'eau, l'alcool à 30^c et l'alcool à 70^c. L'ulexoside, cristallisé dans l'eau et séché à l'air, se présente sous la forme d'une poudre cristalline blanc grisâtre, constituée, au microscope, par des cristaux caractéristiques en lames carrées dont un côté est fortement courbe.

Il perd dans le vide, à $+50°$, 4,46 pour 100 de son poids.

Il est lévogyre, $\alpha_D = -51°,92$ ($p = 0,0312$; $v = 6$; $l = 2$; $\alpha = -0°,640$) pour un produit cristallisé dans l'alcool à 70^c et en solution dans le même dissolvant.

Il fond instantanément au bloc Maquenne à $+247°$.

Chauffé en présence d'acide sulfurique au demi, il dégage une odeur de méthylfurfurol caractéristique des méthylpentoses.

Insoluble dans l'eau, l'ulexoside se dissout très facilement dans la soude diluée. On obtient une solution jaune passant très rapidement au rouge groseille puis au rouge bleuâtre. Cette réaction est à rapprocher de celle que donne, dans les mêmes conditions, le rhamnicoside, dont la solution alcaline est d'abord rose puis vire au violet par exposition à l'air et à la lumière [1].

---

(1) M. Bridel et C. Charaux, *Le rhamnicoside, glucoside nouveau, régénérateur du vert de Chine, retiré de l'écorce de Nerprun purgatif* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1047).

L'ulexoside est hydrolysé par la rhamnodiastase :

Quand on met dans l'eau l'ulexoside et la rhamnodiastase, on constate que le précipité, d'abord dense au fond du flacon, se transforme peu à peu en un produit léger et floconneux qui envahit tout le liquide. La réaction terminée, le liquide séparé du précipité, est sensiblement inactif sur la lumière polarisée et renferme une proportion de sucre réducteur exprimé en glucose, représentant 16,65 pour 100 de l'ulexoside.

En traitant le précipité, séché à + 105°, par de l'alcool à 95° bouillant pour éliminer la rhamnodiastase, on obtient, par refroidissement, le produit d'hydrolyse cristallisé en lames maclées. Nous proposons d'appeler ce produit *ulexogénol* pour rappeler son origine.

L'ulexogénol, séché dans le vide sulfurique, se présente sous la forme d'une poudre cristalline, blanc crème, fondant au bloc Maquenne à + 261°. L'ulexogénol, insoluble dans l'eau, se dissout dans la soude diluée en donnant une solution jaune passant rapidement au rouge rubis, puis au vert. L'étude de l'ulexoside et de son produit d'hydrolyse, l'ulexogénol, est encore fort incomplète; celle du sucre d'hydrolyse n'est pas commencée. Nous avons l'intention de continuer ces recherches dès que nous aurons pu nous procurer, en quantité suffisante, les fleurs fraîches de l'*Ulex europœus* L.

CRYPTOGAMIE. — *Étude de l'action du radium sur l'*Aspergillus fumicatus *Fresenius en culture sur milieux dissociés et non dissociés* Note (¹) de MM. **A. Sartory, R. Sartory** et **J. Meyer.**

Dans nos recherches ayant pour objet l'action du radium sur certains champignons inférieurs, nous avons fait appel à l'*Aspergillus fumicatus* Fresenius, dont les caractères et les propriétés sont connus et fixés, organisme pathogène, présentant peu de pléomorphisme. Nous avons employé une souche de notre laboratoire, après avoir vérifié sa pureté par examen microscopique, ensemencement sur divers milieux, inoculations aux animaux. Nos résultats ont confirmé ceux de Renon (²). Quatre milieux ont été employés : milieu glucosé non dissocié, milieu glucosé dissocié par le chlorure de sodium, milieu saccharosé non dissocié, milieu saccharosé dissocié par le chlorure de sodium.

(¹) Séance du 28 juin 1926.

(²) Renon, *Étude sur l'aspergillose chez les animaux et chez l'homme*, 1897.

Notre travail est divisé en deux parties :

1. Étude de l'action du radium sur l'*Aspergillus fumicatus* en milieux dissociés ou non dissociés par la voie d'irradiations discontinues, réparties sur une période de 15 jours et à doses croissantes :

	Microcuries.		Millicuries.
Premier temps......	150	Sixième temps......	1,2
Deuxième temps....	150	Septième temps.....	1,8
Troisième temps....	300	Huitième temps.....	2,4
Quatrième temps....	450		
Cinquième temps....	750		

Soit une irradiation totale de 7,2 millicuries; 12 heures après chaque irradiation nous avons pratiqué des examens entre lame et lamelle sans coloration ou avec coloration jugée propice pour chaque cas.

2. Étude de l'action du radium sur l'*Aspergillus fumicatus* en milieux glucosés et saccharosés dissociés ou non dissociés à l'aide d'irradiations massives et continues durant 24 heures à la dose de 7,2 millicuries.

De nos recherches, nous pouvons tirer les conclusions suivantes dans lesquelles nous n'insisterons pas sur les caractères des cultures sur milieux témoins qui nous ont confirmé les résultats obtenus précédemment par Ray (¹).

I. Sur milieu dissocié l'irradiation discontinue de 3 à 7,2 millicuries produit une exaltation dans la formation des appareils reproducteurs. L'ampoule conidiophore tend à disparaître pour faire place à des formes péniciliennes. Les stérigmates prennent des formes géantes prononcées (formes longues : 10 à 20^{μ} de longueur, formes courtes et larges : $4^{\mu},5$ à $5^{\mu},25$ de plus grand diamètre).

II. Sur les cultures irradiées avec une dose massive de 7,2 millicuries mêmes résultats moins prononcés.

III. Sur milieu non dissocié nous constatons par une irradiation discontinue de 3 à 7,2 millicuries :

1° Un retard dans l'apparition des appareils reproducteurs normaux;

2° Des modifications dans la forme des filaments mycéliens évoluant dans deux sens.

a. Une forme toruleuse à cellules élargies renfermant des amas protoplasmiques et des globules de graisse. Souvent ces filaments prennent la forme oïdienne (3^{μ} à $4^{\mu},5$ de diamètre);

b. Des filaments grêles non cloisonnés se terminant par :

α. Une spore à double membrane, échinulée (3^{μ} à 8^{μ} de diamètre). Fréquemment cette spore est surmontée par une autre, identique; elles sont capables de germer;

β. Une grosse cellule sphérique (20^{μ} à 30^{μ} de diamètre) remplie de gouttelettes de graisse, sorte de pseudosporange sans spores décelables jusqu'à présent. Ces filaments avec spores et cellules géantes se réunissent en amas astéroïdes.

(¹) J. Ray, *Variations des champignons inférieurs sous l'influence des milieux* (*Thèse Faculté des Sciences*, Paris, 1897).

IV. Les cultures irradiées avec doses massives de 7,2 millicuries donnent les mêmes résultats, moins prononcés.

Notons qu'en milieu non dissocié l'irradiation, en apportant des modifications morphologiques (formes toruleuses, oïdiennes) augmente le pouvoir réducteur de l'organisme soumis à l'expérience et diminue la concentration en ions H du milieu. Au contraire, en milieu dissocié l'irradiation diminue le pouvoir réductenr sur le saccharose et augmente la concentration en ions H du milieu ; il semble donc qu'ici la vitalité de l'organisme se trouve affaiblie. Il y a parallélisme entre nos résultats morphologiques et biologiques. Ces derniers sont exposés dans les exemples suivants :

Sucres réducteurs.

	Irradiation discontinue (pour 100).		Irradiation massive (pour 100).	
Milieu non dissocié :				
Témoin	3,4	3,6	4,1	4,0
Irradié (formes toruleuses)	4,70	4,5	4,8	4,4
Milieu dissocié :				
Témoin	5,3	4,9	5,6	5,9
Irradié (appareil reproducteur déformé).	1,5	2,7	4,6	4,2

Concentrations en ions H.

	pH.		
Milieu non dissocié :			
Témoin	4,6	4,8	4,5
Irradié	5,7	5,3	5,2
Milieu dissocié :			
Témoin	4,8	5,3	4,7
Irradié	4,25	4,6	4,4

A notre connaissance, aucune des modifications morphologiques énumérées plus haut et notamment la forme spore échinulée isolée au bout d'un filament, parfois seule, parfois surmontée d'une autre spore (*pseudosporange*) n'ont jusqu'à ce jour jamais été observées.

PHYSIOLOGIE. — *Action du curare sur l'appareil électrique de la Torpille.* Note de M. et Mme **A. Chauchard**, présentée par M. Henneguy.

Les auteurs qui ont étudié l'action du curare sur l'appareil électrique de la Torpille n'ont pas toujours obtenu des résultats concordants; certains ont même affirmé qu'il n'était pas curarisable. Cette discordance tient vraisemblablement aux quantités de toxique utilisées. La Torpille est peu

sensible au curare : l'expérience nous a montré que la dose de 1^{cg} par kilogramme, qui détermine chez le Chien une paralysie rapide, est insuffisante à provoquer l'arrêt de la décharge électrique. Avec la dose que nous injectons : 5^{cg} par kilogramme d'animal, nous n'avons jamais eu le moindre insuccès; l'effet ne se produit toutefois qu'au bout d'un temps assez long, en général 4 ou 5 heures.

En ce qui concerne le mécanisme de la curarisation, nous laisserons de côté l'hypothèse de la paralysie des plaques terminales des nerfs électriques. Elle est aussi peu fondée que celle qui explique la curarisation du système moteur par l'imprégnation de plaques motrices reconnues inexistantes par les histologistes. Les travaux de M. et Mme Lapicque ont fourni la seule explication vraiment satisfaisante de la curarisation musculaire : normalement le nerf et le muscle ont la même chronaxie; le curare a la propriété d'allonger la chronaxie du muscle en respectant celle du nerf; l'hétérochronisme ainsi produit rend impossible le passage de l'influx.

Embryologiquement l'organe électrique se rapproche du muscle; nous avons montré que les lois d'excitabilité de ces deux éléments sont tout à fait comparables (1). La loi de l'isochronisme s'applique de même à l'un et à l'autre.

Sur une Torpille de forte taille (*Torpedo marmorata*), suivant la technique antérieurement décrite, nous sectionnons tous les nerfs électriques; l'un d'eux est chargé sur des électrodes impolarisables; une queue de Crevette en circuit avec l'organe sert d'indicateur. D'autre part, deux fils d'argent sont fichés de part et d'autre de l'appareil, ce qui permet de porter un stimulus soit sur le nerf, soit directement sur l'organe. Les mesures sont prises au chronaximètre; dans les deux cas la chronaxie a été identique : 0,5 millième de seconde. On peut objecter que cet isochronisme n'est qu'une simple apparence et que nous avons chaque fois excité le nerf soit sur le tronc nerveux lui-même, soit au niveau de ses arborisations terminales.

L'organe électrique a-t-il vraiment une excitabilité propre?

Une Torpille ♀ de $0,50/0^{m},35$ est fixée à 12^{h} sur un plateau de bois, et préparée comme ci-dessus. Elle reçoit une injection hypodermique de 20^{cg} de curare en solution à 1 pour 100, puis on la place en plan incliné dans un bac, de telle sorte que seuls les orifices respiratoires plongent dans l'eau de mer. A ce moment l'animal réagit au pincement de la queue par de puissantes contractions musculaires; l'excitation électrique soit du nerf, soit de

(1) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 143.

l'organe déclanche une forte décharge. A 16^h45^m la curarisation musculaire est totale et l'excitation par le nerf est devenue inefficace. On porte alors les stimulus directement sur l'organe; il se produit une décharge qui fait contracter la queue de la Crevette. L'organe électrique a donc bien une excitabilité propre.

Une autre série d'expériences nous a permis d'élucider le mécanisme de la curarisation de cet appareil.

Voici les résultats de l'une d'entre elles :

Torpedo marmorata ♀ de $0,60/0^m,37$; section des nerfs à 12^h. Après repos, la rhéobase est de 0,5 volt, la chronaxie, 0,5 millième de seconde; plusieurs déterminations donnent le même résultat. Excitation directe de l'organe. Rhéobase, 2,6 volts; chronaxie, 0,5 millième de seconde. A 45^m, injection hypodermique dorsale de 25^{cg} de curare en solution à 1 pour 100. Quelques mesures identiques. A 16^h40^m, rhéobase difficile à déterminer si le repos entre les excitations n'est pas suffisamment long; 17^h15^m $Rh = 3,8$ volts, $\tau = 0^\sigma,5$; mesure directe $Rh = 6$ volts, $\tau = 0^\sigma,6$; 17^h30^m, inexcitabilité par le nerf; 18^h, excitation directe de l'organe $Rh = 8$ volts, $\tau = 6^\sigma$. La chronaxie continue de s'élever, puis à 18^h30^m l'excitation directe ne donne plus de décharge. L'intoxication de l'appareil est complète.

Toutes nos expériences donnent des résultats concordants : d'abord, par excitation du nerf, on n'observe aucune variation de la chronaxie, puis la rhéobase s'élève d'une manière continue, devient instable pour des excitations rapprochées; l'organe semble se fatiguer, sa chronaxie n'a pas encore varié ou à peine; enfin, brusquement, l'excitation du nerf devient inefficace et, quelles que soient l'intensité et la durée du stimulus, celui-ci ne provoque plus de décharge. A ce moment la mesure de la chronaxie de l'organe indique une augmentation qui se poursuit pendant une demi-heure environ et qui peut atteindre jusqu'à vingt fois la valeur primitive. Tout se passe, en somme, comme pour le muscle.

En résumé, la curarisation de l'appareil électrique de la Torpille demande l'emploi de doses de curare relativement élevées. Le poison agit non sur le nerf électrique, mais sur l'organe dont il augmente la chronaxie, celle du nerf restant normale.

Cette augmentation de la constante de temps rompt l'isochronisme qui existe normalement entre les deux éléments, ce qui a pour effet de réaliser une véritable section physiologique qui empêche la transmission de l'influx du nerf à l'organe.

PHYSIOLOGIE. — *Le mécanisme de l'action du chloroforme sur la matière vivante.* Note de MM. **G. A. Nadson** et **M. N. Meisl**, présentée par M. Molliard.

Malgré les nombreuses recherches auxquelles a donné lieu l'étude de l'action des narcotiques et du chloroforme en particulier sur la matière vivante, le mécanisme de cette action n'est pas encore élucidé.

Il est évident que, seule l'observation continue des modifications qui se produisent dans la cellule *vivante* sous l'influence du chloroforme peut fournir des indications intéressantes concernant le mode d'action de ce narcotique. Nous avons choisi comme objet d'étude le *Saccharomyces Ludwigii*, et nos essais ont été effectués à l'aide de la chambre à gaz construite par l'un de nous, et qui permet l'observation de tous les changements successifs qui surviennent dans la *même cellule* au cours de l'essai.

Les cellules prélevées dans une culture pure sur du moût de bière gélosé et âgées de 2 jours sont mises en présence de chloroforme, soit dans une gouttelette d'eau, soit dans une gouttelette d'une solution de $NaCl\ \frac{N}{5}$.

L'influence du chloroforme se manifeste tout d'abord par une sorte d'*excitation* du protoplasme qui, tout à fait immobile au début de l'essai, commence par montrer des signes évidents de mouvement. Le protoplasme se rétrécit par endroits et change ses contours en se retirant de la membrane cellulaire, pour revenir ensuite à sa position initiale. Puis les gouttelettes de graisse incluses dans le protoplasme augmentent de volume en même temps que de nouvelles gouttelettes prennent naissance.

C'est là le phénomène de *lipophanérose* résultat du dédoublement des lipoprotides qui se décomposent pour former un mélange de lipides et de protides. Dans le protoplasme de nombreuses vacuoles de petite taille se forment et disparaissent ensuite; la vacuole centrale, au contraire, augmente de volume, ce qui a pour résultat une augmentation concomitante du volume de la cellule entière. C'est le stade où la pression osmotique interne augmente et la perméabilité du protoplasme diminue. Comme on peut d'ailleurs le constater par la diminution de la vitesse avec laquelle les matières colorantes, telles que le bleu de méthylène et le rouge neutre pénètrent à l'intérieur de la vacuole.

Le protoplasme, hyalin et transparent, devient trouble et prend une

structure finement granulaire. Cette transformation se produit brusquement et coïncide avec le moment où la *lipophanerose* est à son maximum. Ce phénomène est le résultat du dédoublement progressif des lipoprotides dont le constituant protéique se dénature rapidement; c'est là l'origine des granules.

Les phénomènes qui viennent d'être indiqués constituent la *première* phase dans l'action du chloroforme sur la cellule; cette phase est encore parfaitement *réversible* et constitue la phase de la *narcose* proprement dite.

La *seconde* phase n'est plus réversible; ici, c'est l'action *toxique* du chloroforme qui se manifeste. Dans cette phase, les granules deviennent plus grossières, et l'on assiste à la semi-coagulation du protoplasme. La perméabilité de celui-ci change dans le sens contraire; c'est-à-dire qu'elle augmente, par rapport à la normale, pour les matières colorantes déjà mentionnées; la cellule dans ce cas se colore avec une intensité de plus en plus grande.

Dans la même phase de l'action du chloroforme, la cellule diminue nettement de volume et finit par devenir flasque; la vacuole centrale disparaît. La cellule se plasmolyse; dans le protoplasme, des grumeaux apparaissent et la coagulation devient nettement visible. Dans ce stade, la cellule meurt.

Notons que la vitesse avec laquelle les phénomènes indiqués se déroulent dépend, non seulement de la concentration du milieu en chloroforme et de la durée de son action, mais aussi de la nature individuelle des cellules. Très souvent, des cellules voisines montrent une sensibilité bien différente vis-à-vis du chloroforme. Ainsi, alors que certaines cellules sont déjà passées dans le deuxième stade de l'action du narcotique, d'autres montrent les modifications *réversibles* de la première phase. Ce sont les cellules jeunes qui sont plus sensibles à l'action du chloroforme que les cellules adultes, tandis que les cellules âgées résistent le mieux.

Enfin, les diverses espèces de levures montrent aussi des différences très nettes dans la manière dont elles se comportent vis-à-vis du chloroforme. Ainsi les levures hautes de boulangerie sont moins sensibles que le *Saccharomyces Ludwigii*. L'*Endomyces vernalis*, levure caractérisée par sa faculté de produire des graisses en quantités notables, est, parmi ces levures, la plus sensible à l'action du chloroforme.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Suppression du choc et modification de la sensibilisation anaphylactique par certains colorants fluorescents. Mécanisme colloïdal.* Note de MM. **Pierre Girard** et **Édouard Peyre**, présentée par M. Charles Moureu.

Certains colorants fluorescents, en particulier l'éosinate ou l'érythrosinate du plus lourd des métaux alcalins le césium ([1]) dont les solutions sont sensiblement neutres et très peu ionisées modifient d'une façon remarquable l'état colloïdal du plasma. Quand on observe en lumière latérale une goutte du sérum d'un animal dans les veines duquel on injecta de l'éosinate de césium par comparaison avec le sérum normal du même animal, on note une grande dispersion granulaire : les grains du sérum fluorescent sont petits, peu nombreux et rarement agglutinés. Corrélativement, on observe un accroissement important de la viscosité spécifique de ce même sérum fluorescent.

On pouvait songer pour rendre compte de l'effet de dispersion à un accroissement de la valeur du moment électrique de la couche double des grains colloïdaux. Les déterminations expérimentales font écarter cette interprétation.

D'autre part l'application aux solutions d'éosinate et d'érythrosinate de la formule d'Einstein qui exprime la viscosité d'un système en fonction de la viscosité du milieu intermoléculaire et du volume réel des molécules (molécules et leur périsphère) révèle l'existence d'une couche monomoléculaire de molécules d'eau orientées (dipôles) entourant les grosses molécules colorées (Marinesco).

Nous sommes alors conduits à nous représenter dans le milieu colloïdal qu'est le plasma, adsorbées tout au moins par de nombreux grains — et nous avons plusieurs preuves directes d'une telle adsorption — de grosses molécules colorées retenant dans leur périsphère un grand nombre de dipôles d'eau. En fait, dans un champ, ces grains se comportent comme d'énormes anions. Ainsi s'explique par l'enrobement et l'isolement des grains l'effet de dispersion en lumière latérale.

En ce qui concerne l'accroissement de viscosité, l'accroissement du volume réel des grains du plasma ne paraît pas suffire à en rendre compte

([1]) Ces sels ont été préparés par M. Delaplace à partir du césium métallique et des acides éosinique et érythrosinique (voir René Delaplace, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 69).

(l'accroissement de viscosité du milieu intergranulaire étant vraisemblablement négligeable). Peut-être faut-il faire intervenir un frottement complémentaire du fait de la condensation de cations dans le voisinage des gros anions colloïdaux ([1]). En somme le facteur physique qui nous paraît important à retenir, c'est l'enrobement et l'isolement de nombreux grains colloïdaux par des molécules colorées qui attirent un grand nombre de dipôles d'eau dans leur périsphère.

Cette modification de l'état colloïdal du plasma comporte d'importantes conséquences physiologiques.

Protection contre le choc. — L'injection dans les veines d'un animal d'une solution d'éosinate ou d'érythrosinate de césium le protège soit contre le choc direct que provoquent certaines substances chimiques (médicaments comme l'arsénobenzol, les tartrobismuthates, etc., introduites dans la circulation sanguine), soit contre le choc anaphylactique (choc sérique) que provoque chez un animal sensibilisé l'injection de sérum de cheval.

Tous les signes cliniques du choc (en particulier l'incoagulabilité du sang) sont abolis. Le nombre de doses mortelles contre lesquelles l'animal est protégé dépend de la quantité d'éosinate de césium introduite dans sa circulation et croît avec elle.

Des différentes substances chimiques préconisées jusqu'à présent contre le choc, seul l'hyposulfite de soude nous a paru efficace. Mais lui-même provoque un choc et le mécanisme de protection est ici celui décrit par Besredka (un choc protège d'un choc).

Sensibilisation anaphylactique empêchée. — Chez le chien, si corrélativement on injecte dans la saphène 10^{cm^3} d'une solution $\frac{N}{50}$ d'éosinate de césium et sous la peau 2^{cm^3} de sérum de cheval coloré par l'éosinate de césium, un mois après, l'injection de 10^{cm^3} de sérum de cheval (non éosiné) dans la jugulaire ne provoque plus aucun choc. La seule injection sous la peau de 2^{cm^3} de sérum de cheval éosiné ou la seule injection dans la saphène d'éosinate de césium (corrélativement à l'injection sous la peau de sérum de cheval non éosiné) n'empêcherait pas le choc que déclanche un mois après l'injection dans la jugulaire de 10^{cm^3} de sérum de cheval.

De même chez le cobaye il faut, pour empêcher ou tout au moins diminuer considérablement la sensibilisation anaphylactique, enrober et isoler tout à la fois par des molécules colorées et des dipôles d'eau, les colloïdes du plasma de l'animal et ceux du sérum préparant.

([1]) Suggéré par Francis Perrin.

En résumé, une modification physico-chimique du plasma consistant essentiellement dans l'enrobement et l'isolement de nombreux grains colloïdaux par des molécules colorées qui attirent elles-mêmes dans leur périsphère un grand nombre de dipôles d'eau empêchent le choc. Il nous paraît légitime de conclure que chez un animal dont les micelles plasmatiques ne sont pas « protégées » le mécanisme physico-chimique du choc réside dans une brusque modification (dont nous ne pouvons encore préciser la nature) de l'état des colloïdes plasmatiques.

Enfin nous sommes conduits à envisager un mécanisme également colloïdal de la sensibilisation anaphylactique. La brusque modification seconde de l'état des colloïdes plasmatiques que provoque l'injection déchaînante de sérum faisant de ce plasma lui-même la plus brutale des toxines.

ZOOLOGIE. — *Sur quelques caractères sexuels secondaires chez les Galathées.* Note [1] de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

On sait que, chez les Galathées, le mâle et la femelle se différencient nettement l'un de l'autre par la forme de leurs pléopodes. D'autres différences aussi précises, bien que peut-être moins frappantes au premier abord, portent sur les soies qui garnissent les bords des segments du pléon. Après avoir remarqué ces caractères dans les espèces banales de nos côtes (*Galathea squamifera*, *G. strigosa*, *G. intermedia*, *G. dispersa*), j'ai pu les retrouver dans tous les types des collections du Muséum d'Histoire naturelle, et dans une dizaine d'autres espèces de provenances très variées. Je me crois autorisé à conclure qu'à quelques minimes différences près, ils sont constants dans tout le genre *Galathea*. Les figures ci-jointes les précisent pour la *G. squamifera*.

Le second segment du pléon présente, sur sa face ventrale, une garniture de soies plumeuses dressées, dont les insertions dessinent une courbe intérieure au bord marginal du segment. Chez le mâle (*fig.* 1) ces soies ne forment qu'une rangée, avec léger décalage éventuel de quelques soies; chez la femelle (*fig.* 2), ces soies, plus longues et plus touffues, se serrent sur quatre ou cinq rangs.

Les segments 3, 4 et 5 sont à peu près identiques entre eux; ils portent

(1) Séance du 28 juin 1926.

au bord de l'épimère une frange submarginale de soies plumeuses. Chez le



mâle (*fig.* 3) elles sont assez courtes et dressées par rapport à la surface où

elles s'implantent; chez la femelle (*fig.* 4), plus touffues et plus longues, elles s'insèrent plus obliquement et prolongent à peu près, à l'extérieur du corps, la courbure de l'épimère.

Enfin le telson présente, au bord externe de son lobe latéral, un caractère très manifeste. Chez la femelle (*fig.* 5), il est simplement garni d'une rangée de soies souples, plumeuses, sans particularité notable; seules les cinq ou six plus antérieures sont aciculaires.

Chez le mâle, au contraire, tout le bord est garni de soies non plumeuses (*fig.* 6), courtes, arquées en lame de sabre, fortement chitinisées et de couleur jaune doré. Alignées en arrière sur une seule rangée marginale, elles empiètent plus en avant sur la face dorsale du telson, et serrées sur quatre ou cinq rangs, elles forment une sorte de peigne à carder tout à fait caractéristique. Cet organe, qui joue peut-être un rôle dans les préliminaires de l'accouplement, ne fait jamais défaut chez aucun mâle, du moins à partir d'un certain âge; il constitue manifestement un caractère de puberté, dont l'apparition est postérieure à la différenciation des pléopodes du type mâle.

Le principal intérêt des caractères signalés plus haut réside en ceci qu'ils peuvent manifester le contre-coup des perturbations de la sexualité, par exemple chez les individus porteurs de parasites, et que leur altération, aussi bien que celle de la forme des pléopodes, est susceptible de fournir un indice du degré de ces perturbations.

ZOOLOGIE. — *Sur le développement à métamorphoses complexes (hypermétamorphose) du* Nemichthys scolopaceus *Richardson*. Note de MM. **Louis Roule** et **Léon Bertin**, présentée par M. Louis Joubin.

Une importante collection de Poissons Apodes et de Leptocéphales provenant de la plus récente croisière océanographique du Dana (1921-1922), nous permet de décrire en toute certitude le développement du *Nemichthys scolopaceus*, depuis les plus jeunes larves au sortir de l'œuf jusqu'à l'adulte. Il s'agit d'une ontogénèse à métamorphoses complexes, ou hypermétamorphose [1], ne comprenant pas moins de quatre

---

[1] Nous prenons ici le terme hypermétamorphose dans son sens biologique le plus général, indiquant succession de formes larvaires différentes au cours d'une même ontogénèse, comme l'un de nous l'a déjà fait pour *Luvarus imperialis* Raf..

formes larvaires successives que nous dénommons : *Leptocéphales* A et B, *Tilurelles* A et B. Elles avaient été décrites jusqu'ici comme espèces distinctes. C'est ainsi que notre Leptocéphale A n'est autre que *Leptocephalus canaricus* Lea et *L. Andreæ* Schmidt. Notre Leptocéphale B correspond à *Leptocephalus polymerus* Lea et sans doute aussi à *L. curvirostris* Strömman. Quant aux Tilurelles A et B, Roule les a fait connaître il y a une dizaine d'années, sans les distinguer encore l'une de l'autre, sous le nom de *Tilurella nemichthydis scopolacei.*

Nous allons décrire sommairement chacune des phases de l'ontogénèse.

I. *Phases larvaires* (*Leptocéphales*). — 690 exemplaires ayant de 9 à 359^{mm}. Les plus petits ne sont guère éloignés de l'éclosion. Corps allongé, rubané, transparent. Museau faisant 40 à 60 pour 100 de la longueur de la tête. Dents leptocéphaliennes au nombre de 4 à 17 pour chaque demi-mâchoire. Queue se terminant en pointe. Nombre total des myomères passant de 300 à 500 environ au cours de la croissance. Ébauche rénale soutenue par deux ou trois brides mésentériques. La dernière, partant de l'extrémité postérieure du rein, se dirige obliquement vers l'arrière et s'attache à la notocorde au niveau du 86e segment ([1]). Intestin rectiligne et s'allongeant, *motu proprio*, pendant toute la durée de l'existence larvaire. Il en résulte que l'orifice anal accomplit une migration antéro-postérieure très accentuée, qui le déplace petit à petit du 90e au 320e myotome.

Ces phases larvaires sont au nombre de deux :

Leptocéphale A. — Caractérisé par la possession de trois paires de chromoblastes correspondant au 39e, 73e et 116e myotomes ([1]). On assiste, chez les plus grands individus, à la résorption de ces chromoblastes qui se mettent en boule, deviennent libres et mobiles dans les tissus, puis disparaissent sans doute par phagocytose. Le plus grand Leptocéphale A a 250^{mm} de long, 14 dents par demi-mâchoire, et 250 myomères préanaux.

Leptocéphale B. — Caractérisé par la disparition totale des chromoblastes précités. Le plus grand spécimen a 359^{mm} de long, 17 dents par demi-mâchoire, et 320 myomères préanaux.

II. *Phases de métamorphose* (*Tilurelles*). — Neuf exemplaires de 240 à 374^{mm}. Bien que la métamorphose ait déjà commencé par la résorption des chromoblastes chez les plus grands Leptocéphales, c'est vraiment aux phases Tilurelles que se réalisent la forme et la structure définitives. Les Tilurelles sont par conséquent des *hémilarves*. Elles se distinguent des Leptocéphales par leurs mâchoires de plus en plus allongées et grêles. Le museau fait de 50 à 70 pour 100 de la longueur de la tête. Les dents leptocéphaliennes ont disparu pour faire place aux dents en lime très nombreuses de l'adulte. La queue s'étire en filament caudal. L'intestin subit un raccourcissement autonome qui a pour effet de déplacer l'anus d'arrière en avant. Il passe du 320e au 40e segment, par une migration inverse de celle qu'il a déjà subie. Les

---

([1]) Mises à part les fluctuations dont il n'est indiqué ici que la valeur moyenne.

brides mésentériques soutenant le mésonéphros n'ont pas changé de situation par rapport aux myotomes et servent de repère pour identifier toutes ces larves de *Nemichthys*. Quelques exemplaires offrent encore, à l'état de vestiges, certains chromoblastes du Leptocéphale A.

Les Tilurelles ne paraissent prendre aucune nourriture (intestin vide). Leur taille décroît; les plus petits spécimens sont donc en général les plus évolués.

Ces phases de métamorphose sont au nombre de deux :

Tilurelle A. — Caractérisée par son intestin rectiligne. Le spécimen le plus évolué a 335^{mm} de long et 180 myomères préanaux.

Tilurelle B. — Caractérisée par son intestin ployé en U. Le spécimen le plus avancé a 253^{mm} de long et 39 myomères préanaux.

III. *Jeunes Nemichthys*. — L'anus occupe sa position définitive sous la gorge (au 5e segment). La dorsale commence sur la tête. Quelques individus transparents laissent apercevoir le rein, dont l'extrémité postérieure est toujours en relation avec le 86e myotome. Les autres, plus avancés dans leur développement, sont en voie de pigmentation. Celle-ci débute dans la région stomacale et au bout de la queue; ensuite elle s'étend à toute la région inférieure du corps et gagne progressivement vers le dos. Celui-ci, à l'inverse de ce qui a lieu d'ordinaire chez les Poissons, reste moins coloré que le ventre.

En résumé, l'ontogénèse de *Nemichthys scolopaceus* est remarquable à plusieurs points de vue : 1° l'augmentation du nombre des myotomes au cours de la croissance; 2° les migrations de l'anus; 3° le processus de résorption des chromoblastes larvaires; 4° le processus de pigmentation définitive; 5° la succession de larves tiluriennes à des larves leptocéphaliennes.

ZOOLOGIE. — *Sur le Cycle évolutif d'un Trématode de la famille des* Echinostomidæ *Dietz* (Echinoparyphium recurvatum *Linstow*). Note de M. Paul Mathias, présentée par M. Ch. Gravier.

Une grande proportion des *Planorbis planorbis* L. que l'on ramasse dans les marécages voisins de la station aquicole Grimaldi à Saint-Jean-de-Losne (Côte-d'Or) présentent dans leur tortillon d'abondantes rédies, munies d'un tube digestif court et de deux apophyses latérales situées vers l'arrière. Ces rédies contiennent de nombreuses cercaires très mobiles, pourvues de deux ventouses et d'une queue sans membrane ondulante. Autour de la ventouse orale elles présentent un bourrelet en forme de col ouvert sur la surface ventrale et portant sur son pourtour une collerette d'aiguillons.

A la température moyenne de 18°, ces cercaires sortent en très grande

quantité dans l'eau où vivent les Planorbes et pénètrent, pour y former leur kyste, dans les Mollusques qui se trouvent à leur contact. Dans les *Pl. planorbis* L. et les *Cyclas* des marais de Saint-Jean-de-Losne on rencontre ainsi de très nombreux kystes transparents et sphériques qui mesurent environ de $0^{mm},132$ à $0^{mm},147$ de diamètre.

Pour connaître le Trématode qui correspond à ces cercaires, j'ai donné à absorber à des canards, dont les excréments ne présentaient aucun œuf de Trématode, des foies de *Pl. planorbis* L. bourrés de kystes.

De 7 à 8 jours après l'absorption des Planorbes, on voit apparaître dans les excréments de l'oiseau les premiers œufs du parasite. Si l'on sacrifie le canard quelques jours après l'apparition de ceux-ci, on trouve, toujours localisés dans la première partie de l'intestin grêle, un très grand nombre de vers de $3^{mm},5$ de long, en moyenne. Ils possèdent une ventouse ventrale volumineuse et une ventouse orale petite entourée, comme chez la cercaire, d'un bourrelet en forme de col et dont le pourtour porte le plus généralement 45 aiguillons disposés sur deux rangées alternées. Les aiguillons de la rangée orale sont plus petits que ceux de la rangée aborale. Je rapporte ce Trématode à l'*Echinoparyphium recurvatum* Linstow.

J'ai obtenu ainsi l'évolution de cet Echinostome dans le canard domestique, le canard mignon et *Munia atricapilla* Vieillot, oiseau connu vulgairement sous le nom de Capucin.

Les œufs de l'*Echinoparyphium recurvatum* sont jaune pâle, ovales, peu nombreux et mesurent en moyenne $0^{mm},105$ de long sur $0^{mm},06$ de large. Mis à incuber dans de l'eau pure, à 20°, ils se développent en trois semaines et donnent alors naissance à un miracidium qui rappelle tout à fait celui de l'*Hypoderæum conoideum* Bloch. Il est pourvu de deux paires de taches oculaires très rapprochées et d'une seule paire de flammes vibratiles situées vers la moitié de la longueur du corps de l'embryon.

La présence de deux flammes vibratiles seulement chez ce miracidium, qui appartient au cycle d'un Trématode qui se développe à l'aide de rédies, vérifie la remarque que j'ai faite dans un travail précédent sur le rapport qui existe entre le type excréteur du miracidium et l'évolution future du Trématode [1].

En résumé, le cycle de l'*Echinoparyphium recurvatum* Linstow, qui était inconnu jusqu'ici, est tout à fait comparable aux cycles déja établis pour

---

(1) P. Mathias, *Recherches expérimentales sur le Cycle évolutif de quelques Trématodes* (*Bulletin biologique*, 59, 1925, p. 1-123).

d'autres Echinostomes par Johnson (1920), Lutz (1924) et moi-même (1924). L'œuf rejeté dans l'eau, avec les excréments de l'oiseau, se développe et donne un miracidium pourvu de deux paires de taches oculaires et d'une seule paire de flammes vibratiles. Celui-ci pénètre dans une *Planorbis planorbis* L. et engendre des rédies qui donnent des cercaires à queue sans membrane ondulante. Ces dernières sortent à l'extérieur et pénètrent dans d'autres Mollusques pour y former des kystes. Ceux-ci avalés par un oiseau tel que le canard évoluent en *Echinoparyphium recurvatum* Linstow qui pond au bout de 7 à 8 jours et le cycle recommence.

BIOLOGIE. — *La constitution des magasins de réserve du* Microtus arvalis *Pallas (Campagnol des champs) et son importance pour la pullulation de ce Rongeur*. Note (¹) de MM. **Robert Regnier** et **Roger Pussard**, présentée par M. P. Marchal.

On sait combien sont étendus et soudains les ravages causés par les Campagnols dans les cultures de toute nature : lorsqu'ils viennent à pulluler, ils constituent pour notre agriculture un des plus graves fléaux. Le Campagnol des champs (*Microtus arvalis*) très répandu en France apparaît comme une des espèces les plus dangereuses. La pullulation formidable, à laquelle nous venons d'assister en Haute-Normandie, et qui vient de porter sur plus de 100000 hectares, nous a permis de faire un certain nombre d'observations et d'expériences qui permettront, peut-être, de déterminer quelques-uns des points essentiels de la biologie de ce Rongeur. La constitution des magasins de réserves alimentaires n'en est pas un des faits les moins intéressants.

Dès le début de nos recherches, en octobre 1923, nous avions été frappés de l'importance de ces magasins, dont quelques-uns dépassaient 3^{kg}, et dans lesquels dominaient les rhizomes d'une mauvaise herbe, *Arrhenatherum elatius* var. *bulbosum*, vulgairement dénommée la Gernotte ou Avoine à chapelets. Il n'est pas rare de trouver au voisinage de chaque nid de Campagnol deux et même trois magasins uniquement composés de cette plantes; ces magasins sont placés dans le sol à une dizaine de centimètres de profondeur, et généralement dans un rayon de 1^{m} autour du nid. Leur présence constante en hiver nous apparaît comme un des facteurs importants de la pullulation rapide du *Microtus arvalis*.

(¹) Séance du 28 juin 1926.

Si nous étudions la composition des magasins de réserves au cours de l'année, nous les voyons composés de façons très diverses. Tant que le Campagnol trouve dans les champs toutes les substances nécessaires à son alimentation complète, il semble se contenter de faire dans ses galeries de petits dépôts de plantes fraîches ou de graines qu'il consomme au fur et à mesure : c'est ce que nous constatons depuis le printemps jusqu'à la moisson. Au moment de la moisson, dérangé par le travail des moissonneurs, il se réfugie sous les moyettes, et s'y installe, glanant des épis dans le champ ou dans les gerbes mêmes, pour en constituer à peu de profondeur sous les moyettes des magasins, pouvant peser 1^{kg}. Le Campagnol des champs accumule également des grains isolés de l'épi, mais il ne semble pas en constituer de magasins, avant leur complète maturité. Ce sont ces magasins, dont nous retrouvons les traces au moment des labours de septembre et d'octobre, et que le Campagnol ne consommera souvent qu'en partie, le reste pourrissant sur place. Ces magasins d'automne ne sont pas composés uniquement de grains, nous y trouvons également des graines de Légumineuses, de Sainfoin notamment, rarement mêlées aux grains d'ailleurs.

Mais les magasins les plus importants sont ceux d'hiver, que le Campagnol constitue après la moisson, que nous trouvons intacts au moment des labours d'octobre et de novembre, et qui permettent au Rongeur de subsister pendant la mauvaise saison. Ces magasins ne contiennent pas de grains, mais des rhizomes, des bulbes, des tubercules et des racines; c'est ainsi que nous y trouvons des rhizomes de Gernotte, dont nous parlions plus haut, des rhizomes de Liseron (*Convolvulus*), des stolons de Menthe (*Mentha arvensis*), des racines de Laiteron (*Sonchus*), des bulbes de Liliacées (*Muscari*), qui se conservent parfaitement dans le sol pendant tout l'hiver et fournissent à l'animal, au moment de la reprise de son activité sexuelle, des réserves importantes d'aliments aqueux. Cette reprise d'activité a lieu normalement en janvier et correspond à une époque où, par suite du froid, de la neige et des grandes pluies, la nourriture devient plus difficile à trouver; c'est alors que les Campagnols, qui marquent une tendance très nette à se disperser, s'attaquent fortement à leurs réserves et les utilisent jusqu'en mars, c'est-à-dire jusqu'au moment où la nature leur offre une nourriture suffisante. Les portées s'échelonnent de février à juillet-août. On ne peut qu'être frappé de cette coïncidence de l'utilisation de provisions d'aliments aqueux et riches en matières nutritives et de la reprise de l'activité sexuelle du Campagnol; et l'on comprend alors, comme nous le mon-

trons ailleurs, toute l'importance des friches et de la présence des mauvaises herbes pour la pullulation des Campagnols, dont ils constituent un des facteurs.

Si nous observons ce qui se passe dans nos élevages, nous constatons que les Campagnols qui ne reçoivent qu'une alimentation sèche (avoine par exemple) se reproduisent mal, qu'il est nécessaire de leur donner des substances aqueuses, de jeunes plantes (avoine germée) et même une alimentation carnée pour obtenir des résultats satisfaisants. Les contrôles que nous avons faits sur la ration du Campagnol nous ont montré, en outre, que la quantité de grains qu'il consommait était infime par rapport aux substances vertes et aqueuses; il suffit d'ailleurs, pour s'en rendre compte, de comparer le contenu de l'estomac du Campagnol avec celui d'un granivore comme le Mulot (*Apodemus sylvaticus* L.); c'est ainsi que nous trouvons, comme consommation journalière pour une famille de 5 Campagnols pesant 62^g : 3^g d'avoine, 13^g de gernotte et $18^g,5$ d'avoine germée.

La constitution des magasins de réserves et la ration alimentaire du *Microtus arvalis* permettent donc d'expliquer deux points importants de la biologie de ce dangereux Rongeur : le rôle des mauvaises herbes à rhizomes, à bulbes ou à racines pivotantes dans sa pullulation, et la prédominance des dégâts dans les prairies artificielles et les céréales en vert.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la réduction de la thionine par diverses substances organiques, à l'abri de l'air et de la lumière.* Note de MM. E. Aubel et L. Genevois, présentée par M. Marin Molliard.

Nous avons cherché à mettre en évidence le pouvoir réducteur d'un certain nombre de substances organiques définies, existant dans les milieux biologiques, vis-à-vis de la thionine, en fonction du pH et de la température, dans des solutions de phosphates.

L'opération se faisait dans le vide, à l'obscurité, à 20° ou 40°.

Le lévulose montre ainsi un pouvoir réducteur :

1° Proportionnel à la concentration de lévulose.

2° Proportionnel à la concentration de phosphates.

3° Proportionnel à $\sqrt{OH}$.

4° Doublant pour une élévation de température de 10°.

Le tableau ci-après donne les temps nécessaires pour décolorer la

thionine en solution $\frac{N}{10000}$, par diverses solutions de lévulose, préparées depuis 1 heure au moins, telles que les fournit l'expérience :

	pH.	6,5.	7,5.	8,5.
Lévulose $\frac{N}{5}$, phosphates N	40°	12^m	$2^m 45^s$	1^m
	20°	45^m	$11^m 50^s$	$4^m 10^s$
Lévulose $\frac{N}{10}$, phosphates $\frac{N}{2}$	20°	20^h	6^h	$1^h 50^m$

pH = 9, phosphates N.	Lévulose $\frac{N}{2}$.	$\frac{N}{4}$.	$\frac{N}{8}$.
20°	$4^m,15$	$8^m,30$	17^m

La glycérine, la mannite, la dulcite, la sorbite, le glucose, le galactose, l'arabinose, montrent en milieu phosphaté, neutre ou alcalin, un pouvoir réducteur analogue à celui du lévulose, quoique plus faible.

L'aldéhyde glycérique possède au contraire un pouvoir réducteur beaucoup plus élevé.

L'acide pyruvique, l'acide aspartique, l'asparagine, l'alanine, la tyrosine, l'acide urique présentent un pouvoir réducteur qui passe par un maximum vers pH = 7, et qui est faible aux pH = 5 et = 9.

Le glycocolle et l'acide acétique n'ont montré, quel que soit le pH, aucun pouvoir réducteur.

A la fin de toutes les opérations, il était vérifié que le leucodérivé formé redonnait quantitativement le colorant initial, par simple réoxydation à l'air.

Le pH de la solution s'abaisse toujours au cours de la réduction de 0,1 à 0,3.

La réduction de la thionine par un corps tel que l'acide pyruvique CH^3COCO^2H ne peut s'expliquer, dans les conditions de l'expérience, que par une oxydation de la matière organique aux dépens des éléments de l'eau.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes. Actions oxydantes.* Note de M. L. Lutz, présentée par M. Guignard.

Le suc d'un grand nombre de Champignons, obtenu par broyage et expression, provoque des réactions d'oxydation plus ou moins énergiques lorsqu'on l'ajoute à des substances convenablement choisies.

Il était intéressant de reprendre ces expériences en utilisant comme source de ferment les mycéliums vivants croissant sur des milieux nutritifs renfermant des proportions convenables de corps dont l'oxydation se manifeste par une réaction colorée.

Ces milieux sont naturels (cœur et aubier de Gaïac) ou artificiels. Le bois de Gaïac étant très résistant à l'attaque par les mycéliums a été amené à l'état de vulnérabilité par délavages méthodiques (¹).

Les milieux artificiels sont constitués par le mélange nutritif gélosé dont j'ai donné précédemment la formule (²), auquel ont été ajoutés respectivement :

	Pour 100.	
Gaïacol	0,01	
Naphtol α	0,005	
	Nombre de gouttes.	
Tyrosine	IV	d'une solution aqueuse à 1 pour 100
Pyrogallol	I	» »
Paracrésol	II	» »
Paracrésol et glycocolle à P. E.	II	» »
Paraphénylène-diamine (³)	I	» à 0,50 pour 100
Hydroquinone	I	» à 0,25 pour 100
Laccol	V	d'une solution alcoolique à 5 pour 100 (alcool à 45°)
Chlorhydrate de naphtylamine α	II	d'une solution aqueuse à 1 pour 100
Orcine	V	» alcoolique à 1 pour 100 (alcool à 45°)

Les Champignons ensemencés sont : *Stereum hirsutum, S. purpureum, Corticium quercinum, Polyporus versicolor, P. pinicola, P. betulinus, P. igniarius, Trametes medullapanis, Collybia velutipes, Pleurotus ostreatus, P. Eryngii.*

Les résultats de ces cultures peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

La plupart des espèces considérées se conduisent comme des agents d'oxydation plus ou moins puissants. Un très petit nombre seulement n'ont qu'une action à peu près nulle (*P. pinicola, P. betulinus*), ou faible (*Corticium quercinum, Trametes medullapanis*). Ce pouvoir catalytique s'exerce à peu près uniformément sur toutes les substances oxydables, et les menues diffé-

(¹) L. Lutz, *Sur la spécificité de quelques Hyménomycètes lignicoles vis-à-vis de leur support* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 759).

(²) L. Lutz, *Sur la culture des Champignons Hyménomycètes en milieu artificiel* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 532.

(³) Paraphénylène-diamine 1, thymol 1, soude 1, eau 200.

rences observées pour une même espèce fongique semblent plutôt inhérentes à la constitution chimique des corps oxydables qu'à une variabilité des ferments solubles secrétés.

Ces ferments oxydants sont en général d'une extraordinaire activité : lorsqu'on a repiqué une parcelle de mycélium sur un milieu additionné d'une substance facilement oxydable (ex. : gaïacol, naphtol α, chlorhydrate de naphtylamine), au bout de quelques heures, avant même que le développement du Champignon ne soit visible à la loupe, une auréole fortement colorée se développe autour du point d'inoculation, et elle atteint 1^{cm} à $1^{cm},5$ de rayon avant toute prolifération appréciable des hyphes.

Cette oxydation à distance constitue une démonstration parfaitement nette de la diffusion au dehors des cellules du ferment oxydant sécrété par le Champignon.

MÉDECINE. — *Spirochètes dans la péritonite expérimentale par perforation intestinale chez le cobaye.* Note de M. J. Sabrazès, présentée par M. H. Vincent.

Nous avons publié, le 17 juin 1926, dans la *Gazette hebdomadaire des Sciences médicales de Bordeaux*, un travail sur la présence de Spirochètes dans l'exsudat péritonéal, comme élément de diagnostic, chez l'homme, de péritonite par perforation intestinale. La constatation de Spirochètes dans l'exsudat est, disions-nous, en faveur de la perforation. Leur absence plaide contre cette supposition. Le chirurgien procédant à une laparotomie prélèvera à la pipette un peu de l'exsudat qui sera séance tenante examiné par les procédés rapides dont nous avons indiqué les techniques dans nos travaux antérieurs. Nous avons apporté plusieurs faits à l'appui de ces conclusions.

L'expérimentation confirme nos déductions cliniques. Il est facile de perforer l'intestin du cobaye à l'aiguille montée sur seringue aspiratrice et plongée profondément, à droite, à travers la paroi abdominale. C'est le cœcum, relativement volumineux, que l'on doit viser. Le contenu de l'aiguille montre la présence, entre autres germes, de *Tréponèmes* et de *Spironèmes* dans les matières fécales ainsi aspirées. Dans l'exsudat de péritonite qui se développe à la suite de cette perforation intestinale *Tréponèmes* et *Spironèmes* abondent encore à la quarante-huitième heure.

Nous fournissons donc ici la preuve expérimentale de ce que nous avons

constaté chez l'homme, à savoir la présence de nombreux *Spirochètes* dans la péritonite par perforation intestinale. Nous verrons si les péritonites par plaies de la paroi, sans rupture de l'intestin, se montrent, comme nous l'avons indiqué chez l'homme, dépourvues de Spirochètes.

A $15^h 55^m$ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 7 juin 1926.)

Note de M. *Noaillon*, Sur la détermination sans ambiguïté de la solution du problème de Dirichlet pour les fonctions sommables :

Page 1371, note (²), *lire* G. C. Evans, *Rice Institute Pamphlets.*

Note de M. *R. Chambaud*, Sur une classe particulière de solutions du problème de la couronne circulaire. Application à la théorie des voûtes circulaires épaisses :

Page 1383, deuxième formule (3), dernier terme entre crochets, *au lieu de* $-\varphi$, *lire* -2φ.

Page 1384, avant-dernière ligne de la Note, *au lieu de* Dans toutes ces solutions, *lire* Dans toutes les solutions de la classe (3).

Note de M. *Ch. Jacquet*, Sur de nouvelles sources radioactives dans le Puy-de-Dôme :

Page 1399, ligne 15 (en remontant), *au lieu de* chalcosine, *lire* chalcolite.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1926.

Cours de mécanique céleste, par HENRI ANDOYER. Tome II. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. 25^{cm}.

Guide pour l'observation des tremblements de terre, par E. ROTHÉ. Paris, Imprimerie nationale, 1926; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. Bigourdan.)

Union géodésique et géophysique internationale, section de séismologie. Publications du Bureau central séismologique international. Séries B : Monographies (fasc. 2). Toulouse, Edouard Privat, 1925; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Bigourdan.)

Observatoire Jarry-Desloges, Sétif. *Observations des surfaces planétaires.* Fasc. VII, années 1919-1920. Abbeville, F. Paillart, 1926; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. Bigourdan.)

Sur la théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre d'une seule fonction inconnue, conférences faites sous les auspices de la Fondation universitaire, dans les quatre Universités belges (1923-1924), par N.-N. SALTYKOW. Paris, Gauthier-Villars et Cie; Bruxelles, Maurice Lemertin, 1925; 1 vol. $29^{cm},5$.

Causses et gorges du Tarn, par E.-A. MARTEL. Millau, Artières et J. Maury, 1926; 1 vol. 20^{cm}. (Présenté par M. Lallemand.)

Mémorial des Sciences mathématiques. Fasc. XII : *La méthode de Darboux et les équations* $s = f(x, y, z, p, q)$, par R. GOSSE.

Fasc. XIII : *Figures d'équilibre et cosmogonie*, par ALEX. VÉRONNET. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 2 fasc. $25^{cm},5$. (Présenté par M. Appell.)

La sécrétion interne du pancréas et l'insuline, par ANDRÉ CHOAY. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 vol. $24^{cm},5$. (Présenté par M. G. Bertrand.)

Traité général de stéréoscopie, par E. COLARDEAU. Paris, J. de Francia, s. d.; 1 vol. 25^{cm}. (Hommage de M. Paul Appell.)

E. P. FORTIN : *Ensayo sobre la localización histológica de algunos fenómenos entópticos*, in *Revista de la Sociedad Argentina de Biologia*; Buenos Aires, t. I, 1925, 2. *Presentación de un aparato para la visión entóptica*, loc. cit., I, 1925, 6. *Essai sur la localisation histologique de quelques phénomènes entoptiques. Investigations sur de petits appareils dioptriques non décrits jusqu'à présent formant une couche parfaitement régulière de la rétine; un petit appareil pour la vision entoptique de la circulation rétinienne et des globules du sang*, in *Annales d'oculistique*, Paris, t. **162**, p. 809. *Vision directe dans son propre œil des globules du sang et de leurs mouvements*, in *La Semana médica*, Buenos Aires, 1925, n° 29. *Investigations sur la fovéa de l'œil, la partie la plus précieuse du corps humain*, loc. cit.,

1925, n° 37. *Capillaires et capillaroscopie de la rétine*, loc. cit., 1926, n° 6. *Sobre algunos problemas de la retina*, in *Archivos de oftalmologia de Buenos Aires*, t. I, 1926, n° 4, 7 fasc.

Institut international de chimie Solvay. Deuxième Conseil de chimie tenu à Bruxelles du 16 au 24 avril 1925. *Structure et activité chimiques. Rapports et discussions*, publiés par MM. les secrétaires du Conseil sous les auspices de la Commission scientifique de l'Institut. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. 25^cm^,5.

Air liquide, oxygène, azote, gaz rares, par GEORGES CLAUDE. Paris, Dunod, 1926; 1 vol. 25^cm^.,5.

Observatoire de Bordeaux. *Catalogue photographique du ciel, coordonnées rectilignes*, t. V. Paris, Gauthier-Villars et Cie; Laval, Barnéoud, 1925; 1 vol. 32^cm^. (Présenté par M. Bailland.)

Bernhard Heines Versuche über Knochenregeneration Sein Leben und seine Zeit. Berlin, 1926; 1 vol. 24^cm^.5.

La faune de la France illustrée, par RÉMY PERRIER. III : *Myriapodes, Insectes inférieurs;* IV : *Hémiptères, Anoploures, Mallophages, Lépidoptères;* X : *Vertébrés, Poissons, Batraciens, Reptiles, Oiseaux. Mammifères*. Paris, Delagrave, 1924; 3 vol. 21^cm^. (Présentés par M. Bouvier.)

Conditions techniques du bureau Veritas pour le matériel non destiné aux constructions navales. Paris, Bureau Veritas, 1926; 1 vol. 22^cm^. (Présenté par M. Guillet.)

Traité de voilure, par STANISLAS MILLOT. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1925; 1 vol. 25^cm^,5. (Présenté par M. d'Ocagne.).

Guide des autodidactes, indications méthodiques sur toutes les branches des connaissances à l'usage des autodidactes. Tome VI : *Botanique*, dirigé par STANISLAW MICHALSKI. Varsovie, Caisse J. Mianoskwi, 1926; 1 vol. 24^cm^.

Le gain scientifique à la roulette ou au trente et quarante par les lois du hasard, par M. MARIGNY DE GRILLEAU. Marseille, Établissements Moullot, 1926; 1 vol. 28^cm^.

Le problème des fermentations; les faits et les hypothèses, par M. SCHOEN. Paris, Masson et Cie, 1926; 1 vol. 24^cm^. (Présenté par M. Roux.)

Hygiène oculaire et inspection du travail appliquées à toutes les professions : commerce et industrie, agriculture, administrations, par H. TRUC, Paris, Masson et Cie, 1926; 1 vol. 25^cm^,5. (Présenté par M. Roux.)

Universidad de Barcelona. Facultad de Medicina. Instituto de fisiologia (sostenido por la Diputación provincial). Trabajos publicados durante el quinquenio 1920-1925. Barcelona, Atenas A. G.; 1 vol. 24^cm^.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JUILLET 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Karpinsky**, président de l'Académie des Sciences de Russie, à M. **Keesom**, directeur du Laboratoire cryogénique de Leyde, et à M. **Boëdker**, professeur à l'Université d'Oslo, qui assistent à la séance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Peroxyde de rubrène : Nouvelles expériences.* Note [1] de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **C.-L. Butler**.

1. Nous avons recherché l'effet de diverses influences sur la peroxydation du rubrène [2].

Tout d'abord, nous avons constaté qu'il n'est pas indispensable que la totalité du produit soit dissoute (cette condition favorisant toutefois la rapidité de la réaction), et l'on peut se contenter de le mettre en suspension, ou même seulement de le mouiller avec le solvant; l'oxydation s'effectue alors intégralement, si l'on a soin d'agiter la masse. Pourvu qu'une certaine quantité, même très petite, d'hydrocarbure, entre en dissolution, la peroxydation a lieu, semble-t-il, quel que soit le solvant; la seule condition requise paraît donc être la dissolution Réciproquement, s'il n'y a pas au moins une légère dissolution, il n'y a pas non plus d'oxydation; c'est ainsi qu'en suspension dans l'eau ou l'acide acétique, où il est insoluble, le rubrène reste inaltéré, même s'il est soumis à une irradiation intense, tout comme il reste inaltéré à l'état sec.

On a vérifié, dans le cas particulier de l'acide acétique, que l'idée d'une action antioxygène qu'il exercerait doit être écartée; les solutions benzéniques de rubrène, additionnées ou non d'acide acétique, s'oxydent à la même vitesse.

Un cas particulier curieux à signaler est celui où l'on opère sur des solu-

---

(1) Séance du 5 juillet 1926.

(2) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et P. M. Dean, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1584.

tions de rubrène dans des solvants eux-mêmes avides d'oxygène, comme l'aldéhyde benzoïque et l'aldéhyde propionique : c'est l'oxydation du rubrène qui prend le pas.

2. Ainsi qu'il a été indiqué précédemment (*loc. cit.*), le terme de l'oxydation du rubrène est assurément marqué, dans tous les cas, par la décoloration, mais nous pouvons ajouter qu'il l'est bien plus nettement par la disparition de la fluorescence, laquelle révèle, beaucoup mieux que la coloration, la présence d'une quantité très petite de rubrène. Nous ferons remarquer que cette fluorescence, qui est jaune verdâtre, ne doit pas être confondue avec une fluorescence violette intense qu'on observe après l'oxydation du rubrène lorsqu'il a été incomplètement purifié; l'impureté, qui a pu être extraite et fond à 477° (corr.) est très peu soluble dans les solvants usuels, mais ses solutions présentent une fluorescence violette extraordinairement intense.

3. On peut utiliser la lumière artificielle, pourvu qu'elle soit assez intense (lampe à arc, lampe à incandescence). Les lampes très riches en rayons ultraviolets, susceptibles d'apporter des perturbations par formation d'ozone, n'ont pas été essayées.

Par contre, la nécessité de l'action de la lumière a été confirmée par une expérience à l'obscurité de plus d'un mois (durée de notre dernière expérience) sur la cuve à mercure : il n'y avait aucune absorption appréciable d'oxygène.

Une autre manière de démontrer la nécessité de l'action de la lumière, qui peut prendre la forme d'une expérience de cours, est la suivante : on prépare une suspension de rubrène finement pulvérisé dans un solvant peu volatil (c'était, dans l'espèce, le tétrahydronaphtalène), on badigeonne avec cette encre une plaque blanche, et, après avoir recouvert partiellement la plaque au moyen d'une cache en papier noir, dans laquelle peuvent avoir été découpés des dessins, on l'expose à une forte irradiation. Quand on enlève la cache, le dessin se trouve reproduit, les parties cachées, par conséquent les noirs du dessin, étant représentées en rouge, et les autres en blanc. Si l'on élimine ensuite le solvant par évaporation, le rubrène qui n'a pas été oxydé restera, comme on sait (voir plus haut), inaltéré, même à la lumière : l'image sera donc « fixée ». Il y a là, en fait, un véritable procédé de reproduction photographique.

4. *Actions antioxygènes.* — Quelques-uns des catalyseurs d'autoxydation que nous étudions par ailleurs ont été essayés (à la dose de 1 pour 100 du solvant). L'hydroquinone et son éther monométhylique, la pyrocatéchine et son éther monométhylique, l'iode, ont exercé une action nettement ralentissante. Mais on conçoit que l'interprétation des résultats est ici plus compliquée que pour nos observations générales de catalyse antioxygène, puisque l'oxydation est conditionnée par l'action de la lumière. On pouvait supposer que le ralentissement de la vitesse d'oxydation n'est pas dû à une action antioxygène au sens où nous l'entendons habituellement, mais plutôt à un effet d'écran, le catalyseur absorbant pour son compte la radiation active (cette explication a été d'ailleurs suggérée par certains auteurs pour l'action antioxygène). Il n'en est rien : car, au lieu

d'introduire l'antioxygène dans la solution de rubrène, si on le met, à la même concentration dans le même solvant, simplement sur le trajet du rayon lumineux, dont il arrête les radiations qu'il est susceptible d'absorber et produit ainsi, mais exclusivement, l'effet d'écran, on n'observe plus le moindre ralentissement dans l'oxydation. C'est donc, ici comme dans nos autres expériences, chimiquement, et non physiquement, qu'agit l'antioxygène.

5. *Essais de fixation de gaz incomplets sur le rubrène.* — Ces essais ont porté sur l'oxyde de carbone et l'oxyde azotique, que nous mettions au contact d'une suspension benzénique de rubrène, dans un tube manométrique analogue à ceux que nous employons pour nos études d'autoxydation. Sous l'irradiation d'une lampe à incandescence type demi-watt (100 bougies), aucune absorption appréciable n'a été observée. A titre de contrôle, nous avons constaté que l'absorption de l'oxygène, dans les mêmes conditions, était complète en quelques heures.

6. *Particularités lumineuses de la dissociation du peroxyde de rubrène.* — Les conditions de la formation du peroxyde de rubrène, qui nécessite l'intervention de la lumière, d'une part, et, de l'autre, la facile dissociation de ce corps, qui indique que dans l'acte de la combinaison il n'y a sûrement pas eu une grande perte d'énergie potentielle, nous ont amenés à penser que le peroxyde de rubrène devait retenir une part importante de l'énergie lumineuse qui avait provoqué sa formation, et qu'alors cette énergie serait libérée, et peut-être même sous la forme de la lumière, pendant la dissociation, en même temps que l'oxygène et le solvant. C'est ce que nous avons recherché.

Un tube contenant un peu de rubrène était plongé, à l'obscurité, dans un bain d'huile de vaseline (contenu dans un vase de verre) préalablement chauffé à 180°. Plusieurs observateurs, qui étaient auparavant demeurés un temps suffisant à l'obscurité, suivaient simultanément l'expérience. Peu après l'introduction du tube dans le bain, on voyait apparaître dans le fond, ainsi que sur les parois (en raison des parcelles restées adhérentes), une vive lumière jaune verdâtre, qui allait en s'affaiblissant graduellement pour s'éteindre en quelques minutes; quant au contenu du tube, il présentait, après l'expérience, examiné à la lumière, la couleur rouge caractéristique du rubrène régénéré.

Ainsi donc, comme nous l'avions supposé, la dissociation du peroxyde de rubrène se fait avec émission de lumière.

On pouvait objecter toutefois que, le peroxyde de rubrène étant cristallisé, ainsi que l'un des produits de la dissociation, le rubrène, la luminescence observée pouvait être due, non pas, comme nous le pensions, à la

dissociation, mais à des phénomèmes lumineux liés à l'état cristallisé (triboluminescence, par exemple). Nous avons alors effectué la dissociation du produit à l'état dissous, écartant par là toute perturbation pouvant provenir de l'état cristallisé. Au sein de l'huile de vaseline il y avait émission nette de lumière.

Mais, nouvelle objection, l'oxygène, en se dégageant à haute température d'un liquide organique, ne donnait-il pas, par autoxydation de ce dernier, comme cela se voit parfois, un phénomène lumineux? Nous nous sommes alors adressés à un solvant très oxydable, l'aldéhyde benzoïque. Après avoir constaté que les dissolutions de peroxyde dans ce liquide donnent le phénomène de luminescence avec une intensité comparable à celle observée dans les expériences précédentes, preuve que l'oxydabilité ne renforçait pas le phénomène, ce qui était déjà une sérieuse indication, nous nous sommes assurés que l'émission de lumière n'était réellement pas due à l'oxydation du solvant. A cet effet, nous avons traité à part de l'aldéhyde benzoïque, dans les conditions mêmes de l'expérience, par un courant d'oxygène, que l'on y faisait barboter en fines bulles. On a observé, à la vérité, une légère luminescence; mais, outre qu'elle était très faible, elle apparaissait non pas dans la masse du liquide, *mais dans la partie du tube qui se trouvait au-dessus du bain de chauffage*, alors que la luminescence, avec la solution de peroxyde, outre qu'elle était intense, ne s'observait que dans la partie du tube plongée dans le bain.

Pour plus de sécurité, nous avons remplacé la benzaldéhyde, très oxydable, par un solvant qui à nos yeux ne devait pas l'être sensiblement dans les conditions de l'expérience : le pentachloréthane. Les résultats furent aussi nets que dans les essais précédents.

L'expérience peut revêtir un aspect brillant : un tube contenant la dissolution est plongé pendant quelques instants dans un bain chauffé à 190°; si on l'enlève du bain, le liquide est lumineux, et, si on le renverse, on voit une coulée lumineuse.

7. Ces observations établissent nettement que le dégagement de lumière qui se produit lors de la dissociation du peroxyde de rubrène est bien dû au phénomène chimique de la décomposition. Il est curieux de remarquer, à ce propos, que les phénomènes de luminescence sont très généralement dus à l'autoxydation, c'est-à-dire à l'union avec l'oxygène libre : or, ici, c'est la réaction inverse, *l'arrachement de l'oxygène préalablement fixé, qui est luminescente.*

8. L'équation de la dissociation doit être modifiée comme il suit :

$$\textit{peroxyde de rubrène} = \textit{rubrène} + \textit{solvant} + O^2 + \textit{lumière}.$$

C'est le premier pas en avant dans la solution des problèmes d'énergétique chimique et photochimique signalés dans notre précédente Note.

Si, d'autre part, l'action de la lumière, dans la formation du peroxyde de rubrène, n'est pas purement catalytique, ce qui nous reste encore à établir, l'équation de la réaction comporterait, elle aussi, un terme *lumière :*

$$\textit{rubrène} + O^2 + \textit{solvant} + \textit{lumière} = \textit{peroxyde de rubrène}.$$

On ne peut pas ne pas être frappé, quand on considère le cycle complet, par l'analogie qu'il présente avec le schéma de l'activation d'après Jean Perrin, qui fait jouer un rôle essentiel à la lumière absorbée pendant la période d'activation et à la lumière émise pendant l'évolution ultérieure du système. Ici le système revient à son état initial.

M. **P. Marchal** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de MM. P. Vayssière et J. Mimeur, intitulé : *Les Insectes nuisibles au cotonnier en Afrique Occidentale Française. Avant-propos*, par M. Em. Prudhomme, dont il a écrit la *Préface*.

M. **V. Grignard** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Ch. Courtot, intitulé : *Le Magnésium en Chimie organique*, dont il a écrit la *Préface*.

ÉLECTIONS.

M. **H. Deslandres** par 36 suffrages, et M. **H. Le Chatelier**, par 35 suffrages, contre 1 à M. *Moureu*, sont réélus membres du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*.

CORRESPONDANCE.

M. **E. Passemard** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1925.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Opere di* Alessandro Volta. Edizione nazionale sotto gli auspici

della Reale Accademia dei Lincei e del Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere. Volume terzo.

2° *Études sur les instruments géodésiques et sur les résultats de la triangulation cadastrale effectuée dans l'Aisne en 1924 et 1925. Mise à jour rapide du cadastre avec le concours de la photographie aérienne dans la commune de la Houssaye (Oise)*, par H. Roussilhe. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

3° Plusieurs brochures de M. W. A. Obrutschew : *Ueber die Systematik der Erzlagerstätten; Die Bodenschätze Sibiriens und ihre wirtschaftliche Bedeutung; Die metallogenetischen Epochen und Gebiete von Sibirien.*

ALGÈBRE. — *Sur le théorème de Lucas et ses généralisations.* Note de M. **Miécislas Biernacki**, présentée par M. Hadamard.

On connaît depuis longtemps la proposition suivante, conséquence immédiate de l'interprétation mécanique, attribuée par Gauss et par Lucas, aux zéros de la dérivée d'un polynome [1] :

Si un cercle contient tous les zéros d'un polynome de degré n, il contient aussi les $(n-1)$ zéros de sa dérivée.

Cette proposition peut être considérée comme un cas particulier d'une proposition plus générale [2] :

Si un cercle de rayon R contient p zéros d'un polynome de degré n, le cercle concentrique de rayon $\psi(n,p)$. R contient au moins $(p-1)$ zéros de sa dérivée. M. Kakeya a calculé la valeur exacte de $\psi(n,2)=\frac{1}{\sin\frac{\pi}{n}}$ [3].

J'ai déterminé la valeur exacte de $\psi(n, n-1)$ et obtenu :

Théorème I. — *Si un cercle de rayon* R *contient $(n-1)$ zéros d'un polynome de degré n, le cercle concentrique de rayon :*

$$\sqrt{1+\frac{1}{n}}\cdot \mathrm{R},\ \textit{si n est impair},$$

$$\frac{\sqrt{n-2}+\sqrt{n+2}}{2\sqrt{n-1}}\cdot \mathrm{R},\ \textit{si n est pair}$$

contient au moins $(n-2)$ zéros de sa dérivée.

(1) Ch.-F. Lucas, *Comptes rendus*, 67, 1868, p. 163-164 et 106, 1888, p. 121-122. — Gauss, *Œuvres*, 3, 1886, p. 112; 8, 1900, p. 32.

(2) Kakeya, *The Tohoku Matem. Journal*, 11, 1917, p. 6.

(3) Kakeya, *loc. cit.*, p. 13. Auparavant la proposition avait été signalée comme probable par M. Alexander, *Annals of Mathematics*, 2e série, 17, 1915, p. 18. Cf. aussi Szegö, *Mathematische Zeitschrift*, 13, 1922, p. 53.

Les seuls cas (1) *où ces limites sont atteintes sont les suivants :*

Si n est impair, la dérivée du polynome de degré n

$$\left(x^2 - 2\sqrt{\frac{n}{n+1}}x + 1\right)^{\frac{n-1}{2}}\left[x - \frac{\sqrt{n(n+1)}}{n-1}\right],$$

qui a $(n-1)$ *zéros de module* 1, *a* $(n-3)$ *zéros de module* 1 *et un zéro double :* $x = \sqrt{1 + \frac{1}{n}}$.

Si n est pair, la dérivée du polynome de degré n

$$\left[x - \frac{\sqrt{n-2} \pm i}{\sqrt{n-1}}\right]^{\frac{n}{2}}\left[x - \frac{n \mp i\sqrt{n-2}}{\sqrt{(n-1)(n+2)}}\right]^{\frac{n}{2}-1} \times \left[x - \frac{n(\sqrt{n-2} + \sqrt{n+2}) \mp i(n - \sqrt{n^2-4})}{2(n-1)\sqrt{n-1}}\right],$$

qui a $(n-1)$ *zéros de module* 1, *a* $(n-3)$ *zéros de module* 1 *et un zéro double :* $x = \frac{\sqrt{n-2} + \sqrt{n+2}}{2\sqrt{n-1}}$.

La proposition de Lucas peut être généralisée dans une autre direction. J'ai établi, en effet, le théorème suivant :

Théorème II. — *Si un cercle contient les n zéros d'une fraction rationnelle n'ayant qu'un seul pôle simple, et si* $n \geq 2$, *il contient aussi au moins* $(n-1)$ *zéros de sa dérivée* (2).

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété de la loi de probabilité à laquelle obéit le coefficient de variation.* Note de M. **J. Neyman**, présentée par M. Émile Borel.

Comme le coefficient de variation est le plus souvent considéré en anthropométrie où règne la loi de Gauss, il semble tout naturel de déduire sa loi de probabilité en supposant que la loi de probabilité à laquelle obéit le caractère considéré est celle de Gauss. Cependant, après avoir effectué le simple

(1) Je suppose que le cercle ait été réduit à $|x| \leq 1$ et je ne tiens pas compte des rotations autour de l'origine ni des multiplications par des constantes réelles.

(2) Il est évident que le nombre $(n-1)$ ne peut être remplacé par un nombre plus grand et que l'on peut échanger les rôles des zéros et des pôles.

calcul nécessaire, on trouve que la loi de probabilité du coefficient de variation est représentée par une courbe avec deux points modaux et *ayant tous ses moments par rapport à l'axe* OY *soit infinis, soit indéterminés*, propriété impossible à interpréter dans des questions d'anthropologie. On voit que, quoiqu'il semble exister une parfaite correspondance entre la loi de Gauss et la distribution d'un caractère anthropométrique, cette correspondance a certaines limites, au delà desquelles, pour avoir des résultats comparables aux faits de la pratique, il est nécessaire de considérer une loi de probabilité théorique autre que celle de Gauss.

Le but de cette Note est d'indiquer les conditions qu'il faut imposer à la loi de probabilité à laquelle obéit le caractère considéré pour que la difficulté mentionnée ne se présente pas.

Soit $x_1, x_2, \ldots, x_n$ un système de n variables représentant les valeurs d'un caractère chez n individus pris au hasard d'une « population ». Soit $\overline{x}$ la moyenne arithmétique des nombres $x_i (i = 1, 2, \ldots, n)$ et σ^2 leur déviation moyenne quadratique

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2. \tag{1}$$

Alors le coefficient de variation est donné par la formule $v = \frac{\sigma}{\overline{x}}$. Soit enfin $f(x)$ la loi de probabilité à laquelle obéit la variable $x_i (i = 1, 2, \ldots, n)$, que nous supposerons positive pour $a \leqq x \leqq b$ et nulle pour $x \leqq a$ et $b \leqq x$. Dénotons par $F(v)$ la loi de probabilité à laquelle obéit v et par μ_k son $k^{\text{ième}}$ moment par rapport à l'axe de OY. Évidemment on a

$$\mu_k = \int_{-\infty}^{+\infty} F(v) v^k \, dv = \int_{-\infty}^{+\infty} v^k \, dv \int_{\Omega(v)} \prod_{i=1}^{n} f(x_i) \, d\omega, \tag{2}$$

où $\Omega(v)$ désigne le domaine à $n-1$ dimensions, qui satisfait à la condition $v = \frac{\sigma}{\overline{x}}$, σ et $\overline{x}$ étant des fonctions indiquées de $x_1, x, \ldots, x_n$. En effectuant successivement les deux transformations

$$x_k = \overline{x} - \sqrt{\frac{k-1}{k}} \xi_{k-1} + \sum_{i=k}^{n-1} \frac{1}{\sqrt{i(i+1)}} \xi_i \qquad (k = 1, 2, \ldots, n) \tag{3}$$

et

$$\xi_1 = \overline{x} v \prod_{i=1}^{n-2} \cos\varphi_i, \qquad \xi_k = \overline{x} v \sin\varphi_{k-1} \prod_{i=k}^{n-2} \cos\varphi_i \qquad (k = 2 \ldots, n-1), \tag{4}$$

où $0 \leqq \varphi_1 \leqq 2\pi$, $-\frac{\pi}{2} \leqq \varphi_n \leqq \frac{\pi}{2}$ $(n = 2, 3, \ldots, n-2)$, on trouve, pour $v > 0$,

$$(5)\quad F(\overset{+}{v}) = \sqrt{n}\, v^{n-2} \int_0^{\infty} \bar{x}^{n-1}\, d\bar{x} \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} d\varphi_2 \ldots \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} d\varphi_{n-2} \prod_{i=1}^{n} f(x_i) \prod_{k=2}^{n-2} \cos^{k-1}\varphi_k$$

et, pour $v < 0$,

$$(6)\quad F(\overset{-}{v}) = -\sqrt{n}\, v^{n-2} \int_{-\infty}^{0} \bar{x}^{n-1}\, d\bar{x} \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} d\varphi_2 \ldots \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} d\varphi_{n-2} \prod_{i=1}^{n} f(x_i) \prod_{k=2}^{n-2} \cos^{k-1}\varphi_k$$

et enfin

$$(7)\qquad \mu_k = \int_{-\infty}^{0} F(\overset{-}{v})\, v^k\, dv + \int_0^{+\infty} F(\overset{+}{v})\, v^k\, dv = I_1 + I_2.$$

Théorème. — *Pour que les intégrales* I_1 *et* I_2 *aient un sens, il faut et il suffit que l'origine des coordonnées ne soit pas intérieure à l'intervalle* (a, b).

On démontre que la condition est nécessaire en s'appuyant sur le fait que, si les nombres $x_1, x_2, \ldots, x_n$ sont tous différents, on a

$$\cos\varphi_i > 0 \qquad \text{pour } i = 2, \ldots, n-2$$

et en montrant que, si $a < 0 < b$, on a

$$(8)\qquad |I_0| > C_1 \int_{-\alpha}^{0} d\bar{x} \int_{\frac{\beta_1}{\bar{x}}}^{\frac{\gamma_1}{\bar{x}}} dv, \qquad I_2 > C_2 \int_0^{\alpha} d\bar{x} \int_{\frac{\beta_2}{\bar{x}}}^{\frac{\gamma_2}{\bar{x}}} dv,$$

où $C_1, C_2, \alpha, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$ sont constants et positifs et $\gamma_1 < \beta_1$ et $\beta_2 < \gamma_2$.

Or, les parties droites de (8) étant infinies, la première partie du théorème est démontrée. Pour démontrer la seconde partie, c'est-à-dire que la condition mentionnée est suffisante, on observe que si le point $x = 0$ n'est pas intérieur à (a, b), on a $|v| \leqq \sqrt{n-1}$, ce qui prouve que, dans ce cas-là, μ_s est fini.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre et sur l'usage explicite des variables caractéristiques d'Ampère.* Note de M. **Jules Drach.**

1. Dans une Note récente [1], j'ai montré qu'à tout système (Σ) linéaire :

---

[1] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1593.

$\frac{\partial u}{\partial \beta} = \lambda v, \frac{\partial v}{\partial \alpha} = \lambda u$, où λ dépend de α et β, on peut faire correspondre une infinité d'équations (S), de la forme : $r + f(s, t) = 0$, de telle sorte qu'avec deux solutions de (Σ) on construit (S), la solution générale de (Σ) donnant la solution générale de (S). On peut d'ailleurs se donner (S) arbitrairement et former (Σ). Cette résolution de (S) peut être rapprochée de celle de l'équation (S_1) qui se présente dans l'étude de la déformation infiniment petite : $r\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + 2s\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} + t\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = 0$, où $f(x, y)$ est donné, à l'aide des formules de Lelieuvre; le système (Σ_1) correspondant est une équation de Laplace à invariants égaux, quelconque d'ailleurs.

Ces deux exemples et l'ensemble des résultats classiques, relatifs aux équations du second ordre à deux variables indépendantes, m'ont amené à reconnaître qu'il est, *en général, nécessaire* pour l'étude de l'intégration et de la réduction d'une équation (S) : $r + f(x, y, z, p, q, s, t) = 0$, de la remplacer par un système (Σ) *à caractéristiques explicites* qui s'obtient en substituant, dans les équations différentielles des caractéristiques (du second ordre), aux différentielles dx, dy, ..., ds, dt les dérivées $\frac{\partial x}{\partial \alpha}, \frac{\partial y}{\partial \alpha}, \ldots, \frac{\partial s}{\partial \alpha}, \frac{\partial t}{\partial \alpha}$ pour le premier système et $\frac{\partial x}{\partial \beta}, \frac{\partial y}{\partial \beta}, \ldots, \frac{\partial s}{\partial \beta}, \frac{\partial t}{\partial \beta}$ pour le second système. Ce système (Σ) est un système du premier ordre à sept fonctions inconnues de deux variables (α, β), mais le nombre des inconnues peut se réduire. Le système réduit est toujours tel qu'en plus des fonctions arbitraires $\varphi(\alpha)$, $\psi(\beta)$ qui peuvent remplacer α, β, sa solution générale dépend d'une fonction arbitraire de α et d'une fonction arbitraire de β.

Ce n'est que dans le *domaine* (Δ), qui contient comme éléments explicites avec $x, y, \ldots, s, t$ leurs dérivées de tous ordres en α, β, que l'on peut faire apparaître toutes les réductions de l'intégration.

Les variables d'Ampère (α, β) ne sont pas, en général, des fonctions déterminées de x, y, z et des dérivées de z en x, y. Cela n'a lieu que lorsqu'il existe des combinaisons intégrables pour les équations différentielles des caractéristiques, combinaisons qui sont les solutions d'un système complet dont on peut fixer le *groupe de rationalité*, groupe très particulier d'ailleurs, dès que les dérivées du second ordre interviennent.

La recherche des intégrales premières du système (Σ), étendu à tous les ordres, dépend aussi de l'intégration de systèmes complets que l'on peut former. Celles qui peuvent renfermer une fonction arbitraire de α ou de β coïncident avec les précédentes, et l'on retrouve en particulier ainsi, par une voie uniforme, les résultats classiques.

2. Quelques exemples simples éclairciront la méthode.

a. L'équation de Bour (S), qui définit une coordonnée cartésienne isotrope d'une surface, en partant de l'élément linéaire en coordonnées symétriques, traitée par cette méthode, donne le système (Σ) de Darboux pour les asymptotiques virtuelles.

b. Une équation (S) de la forme $r = \lambda^2(x, y)t$ se ramène à l'équation (Σ) à invariants égaux

$$\sqrt{\mu}\,\frac{\partial^2 Z}{\partial\alpha\,\partial\beta} = Z\,\frac{\partial^2\sqrt{\mu}}{\partial\alpha\,\partial\beta}, \qquad \text{où } \lambda(x, y) \equiv \mu(\alpha, \beta).$$

D'une solution quelconque θ de (Σ) et de μ on déduit par

$$x = \frac{\theta}{\sqrt{\mu}}, \qquad dy = \mu\left(\frac{\partial x}{\partial\alpha}\,d\alpha - \frac{\partial x}{\partial\beta}\,d\beta\right)$$

les variables α, β exprimées en x, y et, par suite, $\lambda(x, y)$. La solution générale Z de (Σ) donne celle de (S). Le cas où $\frac{\partial x}{\partial\alpha} = \frac{\partial x}{\partial\beta}$ donne, pour (Σ), l'équation harmonique.

c. Une équation (S) de la forme $rt - s^2 + \lambda^2(x, y) = 0$ conduit à un système (Σ) qui définit $\frac{\partial^2 x}{\partial\alpha\,\partial\beta}$ et $\frac{\partial^2 y}{\partial\alpha\,\partial\beta}$ au moyen de x, y et des dérivées premières : ce système, analogue à celui qui donne les asymptotiques virtuelles dans la déformation, s'étudie de même.

d. Une équation de Monge-Ampère, où z ne figure pas, donne un système (Σ) à quatre inconnues x, y, p, q, qui peut être réduit d'abord par une transformation de contact en (x, p). Il peut se faire qu'une variable α, non exprimable en p, q, x, y et leur dérivées en α, β le soit au moyen de z, qui doit donc intervenir toujours. C'est ce qui arrive pour l'équation $r(t - x) - s(s - q) = 0$ que l'on ramène à $\frac{\partial^2 y}{\partial\alpha\,\partial\beta} = \left(\frac{\partial y}{\partial\beta}\right)^2\left(\frac{\partial y}{\partial\alpha} - \frac{\partial y}{\partial\beta}\right)$.

e. La distinction, due à Ampère et à M. Goursat, entre caractéristiques du *premier* et du *second ordre* pour (S), joue naturellement le rôle essentiel dans la classification des systèmes (Σ). Signalons encore les équations $r + f(s, t, x, y) = 0$ qui donnent des systèmes (Σ) spéciaux.

3. L'examen de la dernière solution donnée par Darboux pour le problème des systèmes triplement orthogonaux, et les résultats que j'ai obtenus pour des équations d'ordre quelconque à deux variables par l'introduction *explicite* des variables caractéristiques, dans le cas où chaque système ne possède qu'une combinaison intégrable, conduisent à penser que *la méthode garde son intérêt dans l'étude des équations d'ordre supérieur, à deux variables indépendantes*. Il en est sans aucun doute de même pour des systèmes différentiels tout à fait généraux.

MÉCANIQUE. — *Sur un dynamomètre à enregistrement électrométrique.* Note (¹) de MM. **Decros**, **Rebuffet** et **J. Villey**, présentée par M. G. Kœnigs.

Le problème se pose souvent de réaliser des dynamomètres fonctionnant avec de *très petits* déplacements des points d'application des forces étudiées, et comportant un enregistrement photographique à distance. Il se présente par exemple dans le cas des balances aérodynamiques à fils.

La méthode de mesure électrométrique des petits déplacements ou petites déformations, étudiée autrefois par l'un de nous (²), fournit une des solutions les plus simples. Il suffit en effet d'opérer avec des voltages inducteurs alternatifs, pour que disparaisse le seul obstacle sérieux à une utilisation industrielle des électromètres, c'est-à-dire les erreurs que de très petites altérations accidentelles d'isolement suffisent à introduire quand on opère sous voltages permanents.

Cette application pratique exige un modèle d'électromètre simple, très peu encombrant et peu coûteux. La solution apportée à ce premier problème a été indiquée dans une Note récente (³).

Le dynamomètre est un inducteur électrostatique déformable agissant sur l'électromètre avec un coefficient d'induction C variable en fonction de l'effort qu'il transmet. On peut lui donner des formes très diverses. Celle qui a été adoptée est une boîte d'acier très rigide de 20^{cm} de longueur et 5^{cm} de largeur; le couvercle est formé d'une simple lame d'acier, d'épaisseur adaptée à la grandeur des forces à mesurer, fixée sur la boîte par deux forts boulons à chaque extrémité; les deux crochets de traction sont fixés l'un au milieu du couvercle et l'autre au milieu du fond rigide. Cette boîte constitue l'armature influençante, qu'on portera à un voltage alternatif dont on peut régler à volonté la valeur efficace $\mathcal{V}$ pour changer la sensibilité sans modifier le dynamomètre. L'armature influencée, reliée à l'une des paires de quadrants de l'électromètre, est une petite lame plane de 75^{mm} de longueur et 43^{mm} de largeur, complètement entourée par la boîte et fixée à sa partie rigide par des supports isolants; elle est parallèle au couvercle déformable,

---

(¹) Séance du 5 juillet 1926.

(²) *Comptes rendus*, **151**, 1910, p. 65 et 716, et *Annales de Chimie et de Physique*, 8ᵉ série, **26**, 1912, p. 433-550.

(³) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1603.

et placée en face de sa partie médiane, où la déformation est maximum et se réduit en première approximation à une translation parallèle augmentant l'écartement mutuel e des deux armatures.

Les conditions de sensibilité (sans instabilité) et d'inertie de l'électromètre définissent la valeur V au voisinage de laquelle il y a intérêt à maintenir le voltage efficace des quadrants. Si l'on appelle Γ le coefficient d'influence, sur le conducteur isolé, des conducteurs maintenus au potentiel zéro (tubes de connexion, cage et aiguille de l'électromètre), l'équation

$$C(\mathcal{V} - V) - \Gamma V = 0 \qquad \text{ou} \qquad \mathcal{V} = V \frac{C + \Gamma}{C}$$

qui caractérise la charge constamment nulle du conducteur isolé définit la valeur efficace à donner au potentiel influençant $\mathcal{V}$; elle guide en même temps les réglages de C et de Γ.

Soit à réaliser par exemple, la sensibilité électrique maximum, c'est-à-dire à obtenir, à partir du voltage optimum V défini par l'électromètre, une variation dV aussi grande que possible pour une déformation donnée. On a

$$dC(\mathcal{V} - V) - C\,dV - \Gamma.dV = 0 \qquad \text{ou} \qquad dV = V \frac{\Gamma}{\Gamma + C} \frac{dC}{C}.$$

Cette relation montre qu'on augmente la sensibilité électrique en augmentant le coefficient d'influence *mort* Γ, à condition bien entendu d'élever corrélativement $\mathcal{V}$ pour maintenir V à la valeur normale choisie. On est d'ailleurs rapidement amené à s'arrêter dans cette voie, car le gain à réaliser sur $\frac{\Gamma}{\Gamma + C}$ devient très lent dès que $\frac{\Gamma}{C}$ dépasse des valeurs de l'ordre de 2 à 3, tandis que la valeur nécessaire pour $\mathcal{V}$ croît alors presque proportionnellement à $\frac{\Gamma}{C}$: on arriverait ainsi à des voltages, encore faciles à obtenir avec un petit transformateur, mais désagréables ou gênants à utiliser.

On a été amené pratiquement à opérer avec une valeur initiale e de l'ordre de $\frac{5}{10}$ de millimètre, et, lorsqu'on désire une sensibilité presque constante dans le champ d'utilisation, à ne pas dépasser des déformations Δe de l'ordre de $\frac{1,5}{10}$ de millimètre. Ce champ de déformation correspond à des sensibilités mécaniques arbitraires dans de très vastes limites, qu'on obtient à volonté en substituant les uns aux autres des couvercles interchangeables en lames d'acier d'épaisseurs variées. Par exemple, une lame de $1^{mm},8$ d'épaisseur donne le champ de déformation susvisé pour des forces variant de 0 à 3^{kg}; il y correspond, avec les réglages électriques indiqués dans la Note récente déjà citée, un déplacement de spot de 15 à 20^{cm} sur une échelle

à 1^m. Une lame de $\frac{2}{10}$ de millimètre est bien adaptée à la mesure des forces de l'ordre de 10^g; au contraire une lame de 6^{mm} conviendrait pour des efforts de l'ordre du quintal.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement d'un liquide remplissant un domaine à connexion multiple qui se déplace.* Note [1] de M. N. GUNTHER, présentée par M. Hadamard.

1. Dans une Note précédente [2], j'ai montré comment on peut trouver les composantes de la vitesse dans un mouvement d'un liquide remplissant un domaine simplement connexe, connaissant les composantes $\omega_1^{(0)}, \omega_2^{(0)}, \omega_3^{(0)}$ du tourbillon à l'instant initial $t = 0$. Pour appliquer la même méthode au cas d'un domaine à connexion multiple, il est nécessaire de la compléter. En effet, si le domaine est à connexion multiple, la fonction Π, qui est donnée par les équations

$$\frac{du_i}{dt} = \frac{\partial \Pi}{\partial x_i} \qquad (i = 1, 2, 3), \tag{1}$$

dans lesquelles u_1, u_2, u_3 sont les composantes de la vitesse, x_1, x_2, x_3 les coordonnées d'un point de l'espace, peut être polydrome dans la région occupée par le liquide, et la relation

$$\Pi = -\frac{1}{\rho} p + \psi \tag{2}$$

pourrait donner pour la pression p une fonction non continue. Remarquons que, dans ce cas, le potentiel des forces ψ lui-même peut être une fonction polydrome; il suit de là que pour la continuité de p les équations (1) doivent dans certains cas donner pour Π une valeur polydrome d'une nature convenable.

Nous allons montrer que la multiplicité de connexion du domaine (R_t), occupé par le liquide, permet elle-même de porter dans la méthode des corrections qui assurent la continuité de la pression.

2. Supposons qu'on puisse rendre le domaine (R_t) simplement connexe par s coupures (Σ_k), $(k = 1, 2, \ldots, s)$. Nous conservons toutes les suppositions sur la frontière (S_t) du domaine (R_t) faites dans la Note mentionnée, ainsi que toutes les formules y introduites et nous nous bornons à l'indication des

[1] Séance du 5 juillet 1926.

[2] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 17.

compléments qu'on doit ajouter lors des diverses étapes du calcul. Tous ces compléments concernent le choix des fonctions φ_{m+1} dans la formule

$$(3)\quad u_1^{(m+1)} = \frac{1}{4\pi}\left\{\frac{\partial}{\partial x_2}\int_{(R_t)}\frac{\omega_3^{(m+1)}\,d\tau}{r} - \frac{\partial}{\partial x_3}\int_{(R_t)}\frac{\omega_2^{(m+1)}\,d\tau}{r}\right.$$
$$\left.+\int_{(S_t)}\left[\frac{\partial\mathfrak{I}_{m+1}}{\partial\zeta_2}\cos(Nx_3) - \frac{\partial\mathfrak{I}_{m+1}}{\partial\xi_3}\cos(Nx_2)\right]\frac{d\sigma}{r}\right\} + \frac{\partial\varphi_{m+1}}{\partial x_1}$$
$$= L_1^{(m+1)} + \frac{\partial\varphi_{m+1}}{\partial x_1}$$

et dans les formules qui donnent $u_2^{(m+1)}$ et $u_3^{(m+1)}$ à l'aide desquelles on forme les variables $u_1^{(m)}$, $u_2^{(m)}$, $u_3^{(m)}$ ayant pour limites les composantes u_1, u_2, u_3 de la vitesse cherchée.

Remarquons que la fonction continue harmonique φ_{m+1}, choisie sous la condition

$$(4)\quad u_1^{(m+1)}\cos(Nx_1) + u_2^{(m+1)}\cos(Nx_2) + u_3^{(m+1)}\cos(Nx_3) = W_n$$

dans le cas d'un domaine à connexion multiple, peut être remplacée par une fonction harmonique polydrome en lui ajoutant une fonction

$$\theta_{m+1} - \theta_{m+1}^{(0)},$$

où

$$(5)\quad \theta_{m+1}^{(0)} = \frac{1}{4\pi}\sum_{k=1}^{k=s} C_k^{(m+1)}(t)\int_{(\Sigma_k)}\frac{\cos(N_k r)}{r^r}\,d\sigma,$$

N_k étant la normale à (Σ_k), et θ_{m+1} est une fonction continue harmonique dans (R_t), répondant sur (S_t) à la condition

$$(6)\quad \left(\frac{d\theta_{m+1}}{dn}\right)_i = \left(\frac{d\theta_{m+1}^{(0)}}{dn}\right)_i,$$

le choix des fonctions $C_k^{(m+1)}(t)$ de t seul restant à notre disposition.

3. En formant les premières fonctions $u_i^{(0)} = \frac{\partial\varphi_0}{\partial x_i}$, on choisit les $C_k^{(0)}(t)$ dans le but de rendre la fonction $\frac{\partial\theta_0^{(0)}}{\partial t} - \psi$ continue dans (R_t); en formant φ_{m+1}, on choisit les coefficients $C_k^{(m+1)}(t)$ de manière que la fonction

$$T_{m+1} - \psi + \frac{\partial\theta_{m+1}^{(0)}}{\partial t},$$

où

$$(7)\quad dT_{m+1} = \frac{1}{4\pi}\left\{\left(\frac{dL_1^{(m+1)}}{dt}\right)_m + L_1^{(m+1)}\frac{\partial u_1^{(m)}}{\partial x_1} + L_2^{(m+1)}\frac{\partial u_2^{(m)}}{\partial x_1} + L_3^{(m+1)}\frac{\partial u_3^{(m)}}{dx_1}\right)dx_2$$
$$+\left(\frac{dL_2^{(m+1)}}{dt}\right)_m + L_1^{(m+1)}\frac{\partial u_1^{(m)}}{\partial x_2} + L_2^{(m+1)}\frac{\partial u_2^{(m)}}{\partial x_2} + L_3^{(m+1)}\frac{\partial u_3^{(m)}}{\partial x_3}\right)dx_2$$
$$\left.+\left(\frac{dL_3^{(m+1)}}{dt}\right)_m + L_1^{(m+1)}\frac{\partial u_1^{(m)}}{\partial x_3} + L_2^{(m+1)}\frac{\partial u_2^{(m)}}{\partial x_3} + L_3^{(m+1)}\frac{\partial u_3^{(m)}}{\partial x_3}\right)dx_3\right\}$$

avec

$$(8)\qquad \left(\frac{dL_i^{(m+1)}}{dt}\right)_m = \frac{\partial L_i^{(m+1)}}{\partial t} + u_1^{(m)}\frac{\partial L_i^{(m+1)}}{\partial x_1} + u_2^{(m)}\frac{\partial L_2^{(m+1)}}{\partial x_2} + u_3^{(m)}\frac{\partial L_3^{(m+1)}}{\partial x_3}$$

soit continue dans $R(t)$. On s'assure aisément que le second membre de (7) est une différentielle exacte.

La règle précédente définit seulement les dérivées des fonctions $C_k^{(m+1)}(t)$; mais leurs valeurs initiales pour $t = 0$ sont parfaitement déterminées par les valeurs initiales des u_1, u_2, u_3 et doivent rester les mêmes pendant tout le calcul.

Les fonctions $u_1^{(m)}$, $u_2^{(m)}$, $u_3^{(m)}$ ainsi définies ont, pour $m \to \infty$, des limites déterminées u_1, u_2, u_3; les fonctions u_i ont des dérivées premières régulièrement continues dans (R_t) et l'on a, (l) étant un contour fermé arbitraire,

$$(9)\qquad \frac{1}{\rho}\int_{(l)} dp = \lim \int_{(l)} d\left(\psi - \frac{\partial \theta_m^{(0)}}{\partial t} - T_m\right) = 0,$$

d'où il suit que p est continue dans (R_t).

4. Il suit de là que la donnée des fonctions $\omega_1^{(0)}$, $\omega_2^{(0)}$, $\omega_3^{(0)}$ ne détermine pas le mouvement d'un liquide, si le domaine qui le renferme est multiplement connexe; on peut choisir encore arbitrairement les s valeurs initiales des fonctions $C_k^{(0)}(t)$ $(k = 1, 2, \ldots, s)$. Le problème devient tout à fait déterminé, si l'on donne au moment initial, au lieu des composantes du tourbillon, les composantes de la vitesse.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *La dissymétrie de l'espace sidéral et le phénomène des marées.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Deslandres.

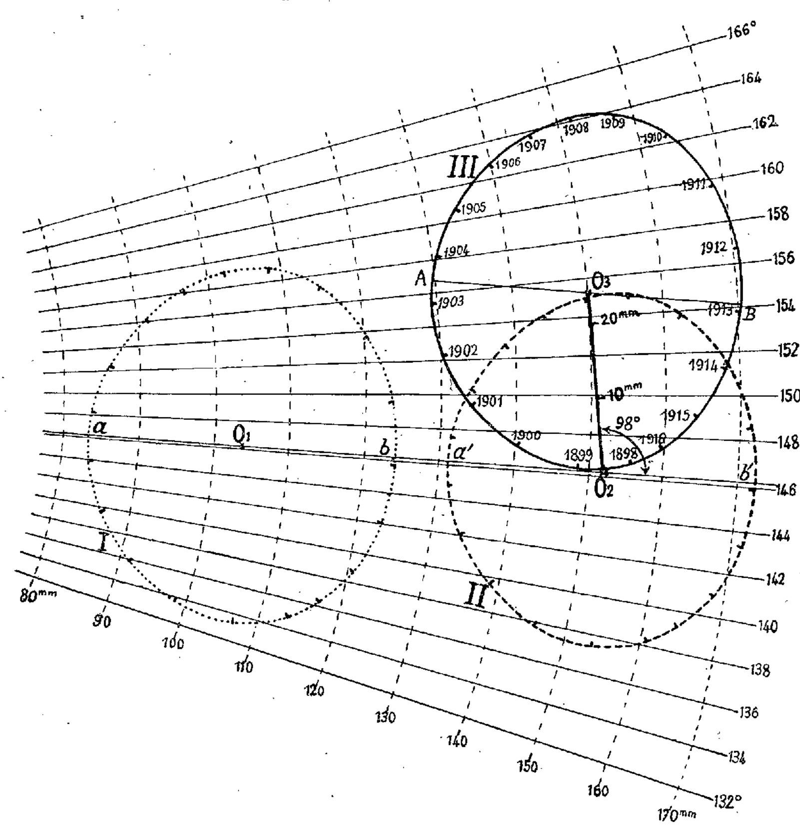
Si l'espace sidéral présente une dissymétrie dynamique, due à une forte vitesse de la galaxie stellaire ou à toute autre cause, le phénomène des marées, sur la Terre, pourrait en subir l'effet.

La théorie des marées, basée sur l'attraction du Soleil et de la Lune, conduit à l'existence d'une onde sidérale comprenant une composante diurne et une composante semi-diurne. La composante diurne, en particulier, se met sous la forme

$$L \sin 2i \cos(t - \nu - \psi) + S \sin 2\omega \cos(t - \psi) = A \cos(t - \tau);$$

t est le temps sidéral; i et ω les inclinaisons des orbites lunaire et solaire

sur l'équateur ($\omega = 23°,27'$); ν l'ascension droite du nœud de l'orbite lunaire avec l'équateur, ψ, L, S des constantes particulières à chaque lieu d'observation $\left(\frac{S}{L} = 0,458\right)$. Cette onde a une existence purement *artificielle,* résultant du développement en série de la fonction quasi périodique représentant l'ensemble du phénomène.



On peut se demander si à cette onde, mathématique en quelque sorte, ne viendrait pas se superposer une onde supplémentaire, liée à une *cause physique* réelle de même période. Considérons l'effet lunaire par exemple. A une époque donnée, il dépend uniquement de l'orbite de la Lune à cette époque, notamment du nœud ν et de l'inclinaison i. Si, à une autre époque, ν ayant varié, i a repris la même valeur, la phase a dû suivre exactement les variations de ν, quelle que soit d'ailleurs la complication effective du phénomène.

Or ν varie périodiquement en $18\frac{2}{3}$ ans, entre $-13°$ et $+13°$. A une

même valeur de i, par conséquent à une même valeur de l'amplitude, correspondent deux valeurs de ν égales et de signes contraires. Faisons une représentation en coordonnées polaires en prenant comme rayon vecteur la demi-amplitude A [formule (1)], comme angle polaire la phase τ. S'il n'existe aucune onde sidérale étrangère, la courbe représentative obtenue sera symétrique par rapport à l'angle polaire Ψ correspondant à $\nu = 0$. Cette symétrie est-elle effectivement réalisée?

Pour cette recherche, j'ai utilisé 166 500 observations horaires faites à Pola dans l'Adriatique, du 1er janvier 1898 au 31 décembre 1916, s'étendant ainsi sur 19 ans. J'ai fait calculer, pour chaque année, les composantes *moyennes*, diurne et semi-diurne, de l'onde sidérale (K_1 et K_2). La représentation polaire des demi-amplitudes (en millimètres) et des phases de l'onde diurne est donnée par la courbe III. On voit que les points A et B correspondant à $\nu = 0$ (1er janvier 1904, mai 1913) ne *sont pas en ligne droite avec l'origine et correspondent à des phases différentes*.

Cette anomalie s'explique si, à l'onde luni-solaire, représentée polairement par la courbe II (la courbe I représentant l'onde lunaire), on ajoute une *onde supplémentaire provenant d'une dissymétrie de l'espace*, représentée en amplitude et phase par le vecteur $O_2 O_3$ (amplitude $= 50^{mm}$, phase $= 245°$). Sinon, il faudrait admettre que l'inégalité d'amplitudes entre les ondes sidérales lunaire et solaire entraîne pour celles-ci des décalages de phases inégaux et différant de 2 heures (ce qui est peu probable, sinon impossible, la période étant la même). Des calculs identiques effectués sur l'onde semi-diurne conduisent, pour cette dernière, à un effet sidéral propre négligeable.

Pour éliminer l'influence possible des perturbations météorologiques à *longue période* (pression barométrique), il serait important que les mêmes recherches fussent étendues à d'autres époques et d'autres lieux.

En définitive, l'onde sidérale diurne, calculée d'après les observations, est bien représentée, pour Pola, si les perturbations ou ondes à longue période ont bien été éliminées, par l'expression.

$$144^{mm}[\sin 2i + 0,2 \sin(i - \omega)]\cos(t - \nu - 146°,1) + 48^{mm}\cos(t - 146°,1) + 25^{mm}\cos(t - 244°,6).$$

Le dernier terme seul représenterait l'effet d'une dissymétrie sidérale étrangère à l'action luni-solaire.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Mesure de la mobilité des ions dans les gaz.* Note [1] de M. **Marcel Laporte**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans des Notes précédentes (8 et 22 mars 1926), j'ai indiqué une méthode nouvelle de mesure des mobilités des ions dans les gaz, permettant d'établir l'existence d'ions de différentes mobilités. Dans les courbes ci-après sont portées en abscisses les mobilités K en volt-centimètre par seconde et en ordonnées des longueurs proportionnelles aux nombres d'ions de chaque mobilité; elles représentent les lois de répartition des ions de différentes mobilités.

Les courbes 1 et 2 sont relatives respectivement aux ions positifs et aux ions négatifs dans l'air, débarrassé de poussières, à différents degrés d'humidité.

On voit que les mobilités des ions positifs augmentent, lorsque le degré d'humidité augmente; les courbes de répartition se déplacent régulièrement lorsque le degré d'humidité varie.

Blanc [2] avait signalé un résultat dans ce sens; les valeurs indiquées par lui, 1,26 et 1,50 sont très voisines des valeurs les plus probables 1,27 et 1,47 que j'ai déterminées. L'humidité produit un effet inverse pour les ions négatifs; dans des travaux récemment publiés, Tyndall et Grindley [3] indiquent que la mobilité des ions négatifs varie de 2,15 à 1,60 lorsque la tension de la vapeur d'eau varie de 0,01 à $16^{mm},5$ de mercure. Ces résultats sont également en bonne concordance avec les miens.

La méthode de Blanc et celle de Tyndall fournissent seulement des valeurs moyennes, mais ne peuvent donner les courbes de répartition.

Mobilité dans l'oxygène et dans l'azote; comparaison avec l'air. — 1° *Ions positifs.* — Les courbes de répartition des mobilités dans l'air, l'azote et l'oxygène secs, sont identiques, ainsi que cela résulte de l'examen de la courbe 3, sur laquelle les points expérimentaux relatifs aux trois gaz sont reportés.

Dans l'air et l'azote saturés d'humidité, les courbes de répartition coïncident également. Les mobilités dans l'oxygène humide semblant plus grandes, mais ce résultat est à vérifier (les mesures dans les gaz humides sont moins sûres, à cause de la fuite des isolants).

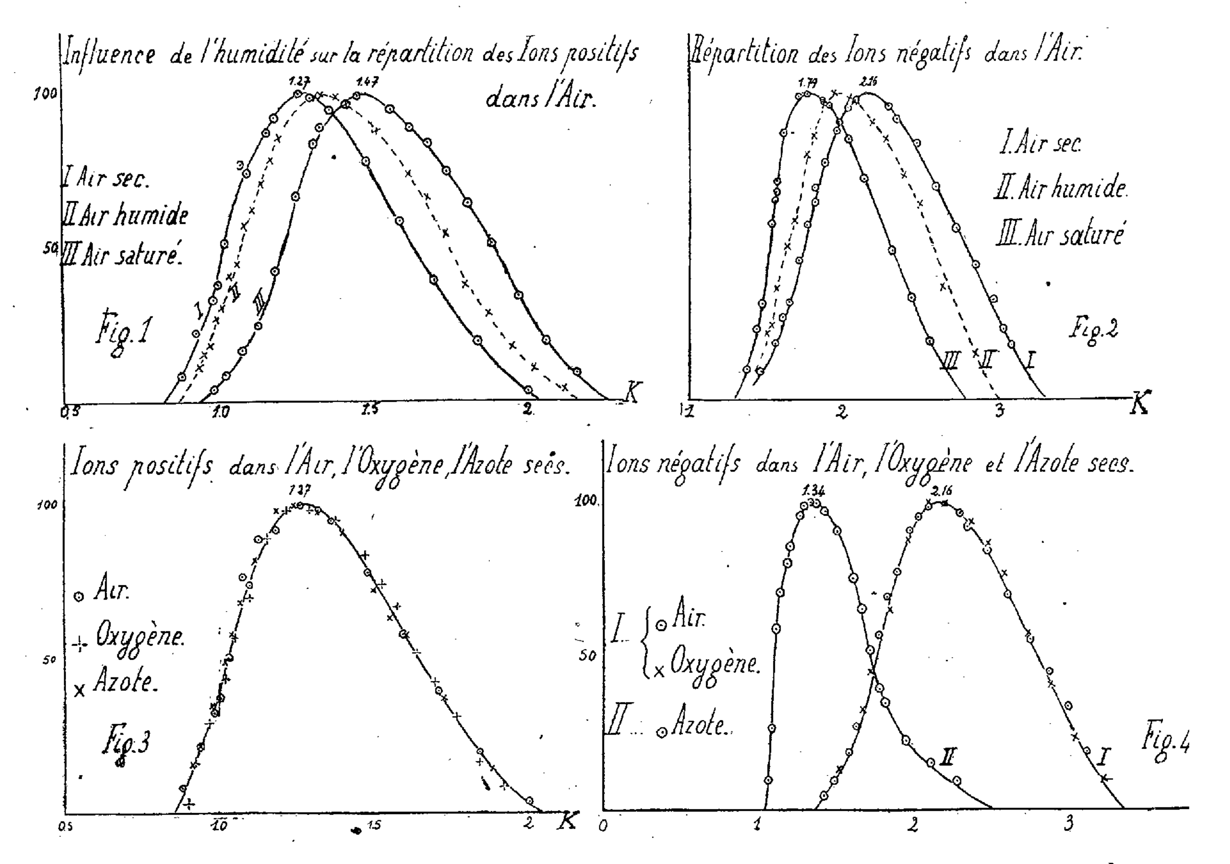
---

(1) Séance du 7 juillet 1926.

(2) Blanc, *J. de Phys.*, 7, 1908, p. 830.

(3) Tyndall et Grindley, *Proc. of Roy. Soc.*, 110, 1926, p. 341.

2° *Ions négatifs.* — Un résultat très différent et extrêmement intéressant est obtenu avec les ions négatifs : les courbes de répartition dans l'air et l'oxygène secs coïncident, tandis que la courbe de répartition dans l'azote sec est tout à fait différente (courbes 4).



Ces résultats, assez surprenants, peuvent sans doute s'expliquer par la grande affinité électronégative de l'oxygène et la très faible affinité de l'azote [1].

On peut donc concevoir que les ions négatifs dans l'air sont uniquement des ions d'oxygène.

L'influence de l'humidité diminue les mobilités dans l'air et l'oxygène et les augmente dans l'azote.

Mobilité dans l'argon. — Le gaz utilisé fourni par l'industrie était livré comme contenant encore 4,2 pour 100 d'azote et 0,03 pour 100 d'oxygène.

---

(1) LOEB, *Phil. Mag.*, 43, 1922, p. 229.

1° *Ions positifs.* — La courbe de répartition a une forme analogue aux précédentes; le maximum correspond à K = 1,36, valeur indiquée par Franck et Hertz [1]; les valeurs limites sont 0,92 et 3,10.

2° *Ions négatifs.* — Les résultats obtenus avec les ions négatifs furent peu constants. Les mesures faites immédiatement après l'introduction du gaz dans la cloche semblaient déceler l'existence d'ions rapides qui disparaissaient par la suite. Les résultats déjà anciens, obtenus par Franck et Hertz, expliquent ces anomalies; ces physiciens ont établi l'existence, dans l'argon extrêmement pur, d'ions négatifs de mobilité supérieure à 200 cm/sec; des traces d'impuretés, et en particulier d'oxygène, font disparaître ces ions rapides; il est donc probable que la pureté du gaz s'altérait de plus en plus par un séjour prolongé dans l'appareil.

MAGNÉTISME. — *Structure de l'aimant atomique. Sa position normale par rapport au réseau et l'aimantation rémanente.* Note de M. **R. Forrer**, présentée par M. Pierre Weiss.

J'ai montré [2] que le nickel possède un doublet, le fer un triplet magnétique, dont les constituants sont à angle droit dans un champ nul. Il résulte de nombreuses expériences [3] qu'un traitement mécanique et surtout la déformation élastique peuvent orienter le multiplet magnétique.

En l'absence de ces causes de changement d'orientation, le multiplet prendra spontanément une orientation définie, symétrique par rapport au réseau. J'appelle cette orientation la *position normale*.

Dans le cas du nickel, cubique, deux positions sont possibles : 1° les constituants du doublet sont parallèles à des axes quaternaires et leur résultante est dirigée suivant un axe binaire; 2° les constituants sont parallèles à des axes binaires et leur résultante est dirigée suivant un axe quaternaire.

Pour le fer, cubique également, le triplet ne peut prendre qu'une seule position symétrique : les constituants sont parallèles aux axes quaternaires et la résultante est dirigée suivant un axe ternaire.

On peut attribuer la variation de l'aimantation proportionnelle au champ dans les champs faibles (aimantation initiale) à une rotation sans défor-

---

(1) Franck et Hertz, *Verh. d. deuts. phys. Ges.*, **12**, 1910, p. 291-298.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1272, et 1530.

(3) *Journal de Physique*, **7**, 1926, p. 109.

mation qui écarte le multiplet de sa position normale. Cette rotation est une deuxième espèce d'aimantation réversible. En effet, nous en avons déjà rencontré une première dans l'approche vers la saturation que nous avons attribuée à la fermeture des multiplets (*loc. cit.*). La deuxième espèce se produit dans des champs beaucoup plus faibles que la première.

En s'appuyant sur ces hypothèses on peut calculer l'aimantation rémanente à partir de l'aimantation à saturation.

Dans des champs intenses les constituants du multiplet sont rapprochés et orientés dans le sens du champ. Si le champ décroît, l'aimantation apparente diminue, parce que le multiplet s'ouvre. La grandeur de l'aimantation dans le champ nul est égale à la résultante.

Si l'on pose égal à 1 le constituant du multiplet, la saturation du nickel est 2 et celle du fer 3. La résultante du doublet du nickel est $\sqrt{2}$ et celle du triplet du fer $\sqrt{3}$.

Mais l'aimantation rémanente est plus petite que cette résultante : dans le champ nul la résultante ne reste pas dirigée suivant le champ qui a agi, elle tourne et tend à occuper la position normale la plus voisine, donnée par l'orientation du réseau par rapport au champ. Pour les échantillons formés d'un cristal unique il suffit donc de connaître cette orientation pour en déduire l'aimantation rémanente.

Les métaux ferromagnétiques se composent de petits cristaux, orientés dans tous les sens. Si l'on descend de la saturation, dans chaque cristal élémentaire, le multiplet occupera, parmi les différentes positions normales imposées par les axes, celle où la résultante est aussi voisine que possible de la direction du champ. A cause de la densité constante avec laquelle les résultantes sont réparties dans l'angle solide qu'elles occupent, l'aimantation rémanente sera donnée par la moyenne entre la position la plus favorable (où la résultante, égale à $\sqrt{2}$, est parallèle au champ) et la plus défavorable. La dernière dépend de la position normale de la résultante dans le réseau. Si pour le nickel la résultante est parallèle à l'axe binaire (1[er] cas), l'aimantation rémanente minima est égale à 1. Celle de la substance à cristallisation confuse sera $0,5 \times (\sqrt{2}+1)$. Si, au contraire, la résultante est parallèle à l'axe quaternaire (2[e] cas), l'aimantation rémanente minima est égale à $\sqrt{2}:\sqrt{3}$. Celle de la substance à cristallisation confuse est ici $0,5 \times (\sqrt{2}+\sqrt{2}:\sqrt{3})$. On pourrait donc par la grandeur de l'aimantation rémanente décider entre les deux positions normales possibles.

Mais ces considérations ne sont valables que tant qu'il ne se produit

aucun renversement irréversible de l'aimantation avant le champ zéro. Cette irréversibilité est notable dans le nickel recuit. Elle a empêché jusqu'à présent de choisir entre les deux positions normales.

Pour le fer recuit des considérations analogues conduisent à une aimantation rémanente égale à $0,5 \times (\sqrt{3}+1)$. L'induction à saturation du fer est $4\pi \times 1706$, et l'induction rémanente est $4\pi \times \frac{1706}{3} \times \frac{\sqrt{3}+1}{2} = 9760^{g}$. Les valeurs de l'induction rémanente mesurées par Gumlich, se répartissent en deux groupes. Dans les aciers et la plupart des fers doux elle est de 10000^{g}; dans quelques fers doux exceptionnels, elle est voisine de 14000^{g}. La moyenne des valeurs du premier groupe est 9700^{g}. Elle est remarquablement voisine de la valeur calculée, ce qui semble justifier les hypothèses faites.

Les valeurs exceptionnellement grandes peuvent s'interpréter de la manière suivante. Nous conservons le nombre des constituants du triplet, mais nous changeons leur disposition. Deux d'entre eux sont parallèles, le troisième est perpendiculaire aux deux autres. La résultante a alors la valeur $\sqrt{5}$. L'aimantation rémanente dans le métal à cristallisation confuse est $4\pi \times \frac{1706}{3} \times \frac{\sqrt{5}+\sqrt{3}}{2} = 14170^{g}$. Un fer très pur, contenant 0,05 pour 100 de Si, fondu dans le vide par Yensen, a donné pour l'aimantation rémanente 14200^{g}. La moyenne des valeurs exceptionnellement grandes, données par Ewing et Gumlich, est 14160^{g}. Cette concordance vient encore à l'appui de nos hypothèses.

Le triplet magnétique du fer existerait donc sous deux formes différentes : le triplet symétrique trirectangle et le triplet dissymétrique avec deux constituants parallèles et un troisième à angle droit. L'existence de ces formes semble dépendre non seulement de faibles impuretés chimiques, mais aussi du traitement mécanique que le fer a subi. Ceci résulte du fait suivant. Un fer avec 1 pour 100 de Si (Gumlich), possède sous forme de barreau une aimantation rémanente de 9850^{g}; à l'état laminé, il a une aimantation rémanente de 14800^{g}. Ces valeurs sont très voisines de celles que j'ai calculées pour le triplet symétrique et dissymétrique.

OPTIQUE. — *Résonance de la vapeur de lithium.*
Note de M. A. **Bogros**, transmise par M. A. Cotton.

Il est admis que le premier doublet de la série principale des métaux alcalins constitue pour ces métaux la raie de résonance, mais la preuve expérimentale directe n'en avait été faite jusqu'ici que pour le sodium [1] et le cæsium [2]. J'ai pu étendre cette démonstration au lithium, et observer la résonance de sa vapeur éclairée au moyen du doublet principal $1s\text{-}2p_{1,2}$ (6708 Å).

En raison de l'action de la vapeur de lithium sur le verre et le quartz, j'ai réalisé l'expérience sous une forme tout à fait analogue à celle que lui a donnée autrefois M. Dunoyer pour le sodium [3]. Le métal est contenu dans un récipient cylindrique en fer pourvu à une extrémité d'une ouverture circulaire de 5^{mm} de diamètre, et que l'on peut chauffer au moyen d'un four électrique.

A 25^{mm} de l'extrémité du four se trouve un diaphragme en fer percé d'une deuxième ouverture de même axe et de même diamètre. Le tout est enfermé dans un ballon en verre pyrex à l'intérieur duquel on maintient un très bon vide. Le four étant porté à une température suffisamment élevée, on obtient au delà du diaphragme un jet dirigé d'atomes de lithium. Ce jet est éclairé normalement à sa direction de propagation par la lumière provenant d'un brûleur à gaz dans lequel un pulvérisateur injecte de l'air chargé de gouttelettes de chlorure de lithium dissous. Le faisceau lumineux rendu convergent par une lentille traverse un écran Wratten n° 29 qui n'y laisse subsister que le doublet 6708.

Dans ces conditions la partie du jet que baigne la lumière excitatrice devient visible dès que la température du four atteint 540°; le rayonnement qu'elle émet offre la même teinte rouge que la lumière excitatrice, et son éclat croît quand la température du four s'élève.

L'expérience faite dans les mêmes conditions en employant la lumière blanche d'une lampe Philipps à boules de tungstène a donné un résultat négatif.

---

(1) Wood, *Phil. Mag.*, **10**, 1905, p. 513. — L. Dunoyer, *Comptes rendus*, **153**, 1911, p. 333; *Le Radium*, **9**, 1912, p. 177.

(2) Wood, *Phys. Rev.*, **24**, 1924, p. 243.

(3) L. Dunoyer, *Comptes rendus*, **157**, 1913, p. 1068.

ÉLECTROCHIMIE. — *Le potentiel électrolytique de l'amalgame de fer.* Note de MM. **J. Heyrovský** et **B. Souček**, présentée par M. G. Urbain.

Le potentiel électrolytique des amalgames formés par réaction directe des métaux avec le mercure est toujours plus fortement positif que celui des métaux purs, car dans toute réaction spontanée l'énergie libre diminue. La différence entre le potentiel du métal pur et celui de son amalgame est donc une mesure exacte de l'affinité d'amalgation ([1]). L'électrolyse avec la cathode à gouttes de mercure ([2]) nous a permis de mesurer le potentiel de dépôt des métaux dans le mercure; nous l'avons trouvé identique au potentiel des amalgames dilués et, effectivement, plus fortement positif que le potentiel électrolytique des métaux purs.

Une exception remarquable se présente dans le cas du fer ([3]) qui se dépose sur la cathode à gouttes de mercure à un potentiel de $-1,115$ volt (le potentiel zéro étant celui d'une électrode normale de calomel), à partir d'une solution normale d'un sel ferreux, bien que le potentiel électrolytique du fer pur soit seulement $-0,715$ volt. Cette différence de 0,400 volt signifie thermodynamiquement :

1° Que l'énergie libre du fer métallique est de 9220 calories (0,400 volt-faraday) plus faible que celle de son amalgame dilué;

2° Que l'amalgame de fer doit être métastable, et se décomposer spontanément, avec dégagement d'énergie, en un mélange de fer et de mercure;

3° Que l'amalgamation directe du fer est impossible.

La dernière déduction est confirmée par l'expérience. Nous avons vérifié la seconde de la manière suivante : on a préparé l'amalgame par électrolyse de solutions aqueuses du chlorure, ou de sulfate ferreux, puis on a mesuré la force électromotrice d'une pile formée de l'électrode à amalgame et de l'électrode à calomel. La valeur mesurée, toujours constante à $\pm 0,002$ volt près, a été trouvée égale à $-0,722$ volt dans les solutions normales des sels ferreux, et à $-0,750$ volt dans les solutions décinormales, à 18°-20° C. On a trouvé les mêmes valeurs pour le potentiel du mercure saupoudré de limaille de fer ainsi que pour celui du fer pur immergé dans les mêmes solutions, privées d'air et dans une atmosphère d'hydrogène. Il semble

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1267.

(2) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1044.

(3) *Trans. Faraday Soc.*, 19, 1924, p. 692.

évident que, dans toutes ces expériences, l'amalgame « hyperactif » de fer était déjà transformé en une suspension de cristaux de fer dans le mercure.

Pour pouvoir mesurer l'amalgame frais, nous nous sommes servis d'un interrupteur rotatif interrompant périodiquement le courant polarisant : cet appareil permet de déterminer le potentiel de l'amalgame un vingtième de seconde après sa formation, d'une façon semblable à celle qui a servi à M. Leblanc pour déterminer le potentiel de l'amalgame d'ammonium (¹). Dès que le nombre des interruptions atteint 20 par seconde, le potentiel de l'amalgame reste constant. Dans une solution normale de sulfate ferreux, il est de $-1,122$ volt $\pm 0,003$; dans une solution décinormale, de $-1,150$ volt $\pm 0,005$; dans une solution centinormale, de $-1,193$ volt $\pm 0,005$.

Ces potentiels sont donc réversibles et prouvent que l'amalgame frais hyperactif et métastable de fer a un potentiel très négatif et égal au potentiel de dépôt du fer sur la cathode à gouttes de mercure. Après la cessation du courant polarisant, le potentiel très négatif atteint brusquement la valeur moins négative du potentiel du fer métallique; aucune valeur intermédiaire n'existe entre ces deux potentiels caractéristiques.

Nous avons constaté que ni le potentiel de l'amalgame métastable, ni le potentiel de dépôt du fer ne sont influencés par le changement de la concentration en ions hydrogène, ce qui réfute, dans ce cas, l'explication de M. Fœrster (²), suivant laquelle le potentiel hyperactif de dépôt du fer serait dû à une formation d'hydrure. Nous expliquons le phénomène observé en supposant que la transformation spontanée d'un amalgame frais hyperactif en une suspension de cristaux de fer est due aux sollicitations des forces magnétiques qui sont en jeu dans les atomes de fer : l'amalgame hyperactif est une solution vraie, c'est-à-dire atomique, exempte de toute orientation des moments magnétiques des atomes. Mais les atomes se groupent rapidement suivant leurs moments magnétiques : étant ainsi rangés en réseaux cristallins, ils perdent leur énergie libre.

La solution devient alors une suspension, et l'on constate toujours qu'elle est ferromagnétique (³). Il nous paraît probable que l'amalgame hyperactif contenant les atomes de fer complètement désorientés soit para-

(¹) *Zeitsch. phys. Chem.*, 5, 1890, p. 467.

(²) *Abhandl. Bunsen Ges.*, n° 2, 1909.

(³) J. P. Joule, *Journ. Chem. Soc.*, 16, 1863, p. 378.

magnétique. Une hyperactivité semblable, quoique moins prononcée, a pu être observée dans le cas de dépôts cathodiques de cobalt et de nickel : cela semble confirmer l'hypothèse que les forces magnétiques jouent un rôle important dans ce phénomène.

Il faut ajouter que la valeur du potentiel du fer hyperactif (−1,112 v.), qui se place dans la série des potentiels électrolytiques entre celui du zinc (−1,043 v.) et celui du manganèse (−1,36 v.), caractérise mieux l'électropositivité des ions ferreux que le potentiel du fer métallique, beaucoup plus noble (−0,722 v.).

RADIOACTIVITÉ. — *Pouvoir d'arrêt de quelques métaux pour les rayons alpha.* Note (1) de M. **J. Consigny**, présentée par M. J. Perrin.

Bragg avait trouvé comme première approximation que les pouvoirs d'arrêt des différents métaux étaient proportionnels à la racine carrée de leurs poids atomiques (2). Mais il s'était rendu compte lui-même de l'imprécision de cette loi, car l'équivalent d'air d'une lame donnée dépend de la vitesse des rayons incidents (3). La loi de variation n'est pas la même pour tous les métaux.

On comprend ainsi que les nombres donnés par les différents auteurs soient si peu concordants. Ils correspondent en réalité à des quantités différentes. Ce sont en effet toujours des pouvoirs d'arrêt moyens pour des vitesses comprises entre deux limites extrêmes qui ne sont pas indiquées et qui varient d'un expérimentateur à l'autre, Bragg et Kleemann (*loc. cit.*) donnent des nombres qui se rapportent à de grandes vitesses; ceux de Marsdenn et de Richardson (4) valent pour les faibles vitesses de l'extrémité du parcours.

Rausch von Traubenberg (5) a obtenu le parcours total des particules alpha à travers les métaux. Il a employé une méthode dérivée de la méthode des scintillations. Il en a déduit les pouvoirs d'arrêt moyen pour des vitesses comprises entre la vitesse initiale des rayons du radium C et la vitesse finale des rayons alpha. Ces pouvoirs d'arrêt sont les seuls qu'on

(1) Séance du 5 juillet 1926.

(2) Bragg et Kleemann, *Phil. Mag.*, 10, 1905, p. 18.

(3) Bragg, *Phil. Mag.*, 13, 1907, p. 507.

(4) Marsdenn et Richardson, *Phil. Mag.*, 25, 1913, p. 184.

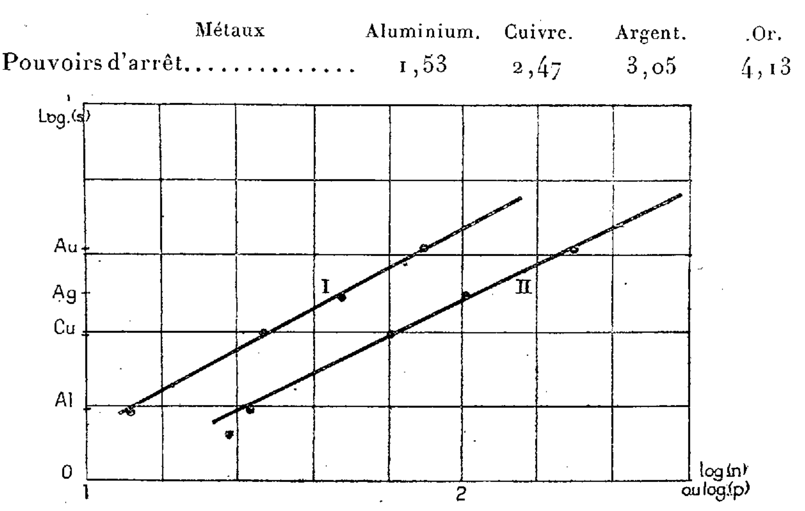
(5) Rausch von Traubenberg, *Zeits. f. Phys.*, 5, 1921, p. 306.

puisse valablement comparer à ceux des gaz mesurés dans les conditions ordinaires. Mais ils sont entachés de l'erreur due à la méthode de scintillation. Ces nombres ne vérifient pas la loi de Bragg. Ils ne sont pas non plus proportionnels à la racine carrée du nombre atomique. Les pouvoirs d'arrêt des métaux lourds sont trop grands.

Glasson (¹) a étudié les variations du logarithme du pouvoir d'arrêt en fonction du logarithme du nombre atomique. Il a obtenu assez exactement une droite de coefficient angulaire 2/3. Mais il a rassemblé beaucoup de nombres pris chez différents auteurs sans tenir compte suffisamment de la diversité des méthodes employées.

J'ai profité de mes expériences sur la déformation des courbes de Bragg par les écrans métalliques pour déterminer le pouvoir d'arrêt moyen de l'aluminium, du cuivre, de l'argent et de l'or, pour des vitesses comprises entre la vitesse d'émission des rayons α ($1,59.10^9$ C. G. S.) et $1,09.10^9$ C. G. S. (²). Ces nombres ont été calculés en prenant pour équivalent d'air la différence entre les parcours extrapolés. D'après ce qui a été dit dans une autre Note, il semble que cela corresponde davantage à la réalité puisque la queue d'ionisation s'allonge beaucoup quand on place un écran sur le trajet des rayons. Cet effet semble d'ailleurs dû à une augmentation de l'oscillation de parcours. Le tableau ci-dessous donne les nombres ainsi trouvés :

Métaux	Aluminium.	Cuivre.	Argent.	Or.
Pouvoirs d'arrêt.............	1,53	2,47	3,05	4,13



Ces nombres sont plus forts que ceux de Rausche von Traubenberg

(¹) Glasson, *Phil. Mag.*, **43**, 1922, 477.
(²) Ce nombre a été déduit d'expériences en cours de M. Rosenblum.

(*loc. cit.*). Ceci s'explique aisément puisque c'est à la fin du parcours que le pouvoir d'arrêt des métaux diminue le plus vite. Cependant ils s'en rapprochent pour les métaux lourds. Ils sont plus petits que ceux de Glasson (*loc. cit.*) qui correspondent sans doute à des lames plus minces ou à des vitesses plus grandes.

A l'exemple de Glasson, j'ai construit les courbes donnant les logarithmes du pouvoir d'arrêt en fonction du logarithme du nombre atomique et aussi en fonction du logarithme du poids atomique. La figure ci-dessus montre que la première courbe est très exactement une droite de coefficient angulaire 0,552, soit environ 5/9. La seconde courbe se rapproche beaucoup plus d'une droite dont le coefficient angulaire serait très voisin de 0,5. Dans ce cas je retrouve à peu près la loi de Bragg.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'adsorption de l'iode par la magnésie précipitée.* Note de M. A. **Hamy**, présentée par M. Jean Perrin.

Un précipité de magnésie traité par une solution légère d'iode dans l'iodure de potassium devient rouge brun. Ayant été amené à étudier de près cette réaction, qui peut, dans des circonstances convenables, servir à déceler la magnésie, j'ai obtenu les résultats suivants :

1° La quantité d'iode fixé diminue quand le temps écoulé entre la précipitation de la magnésie et l'adjonction de l'iode augmente. La vitesse d'évolution du précipité est diminuée par un excès d'ions Mg; ce retard n'a d'ailleurs pas d'influence sur la quantité fixée après une évolution prolongée.

2° A concentration constante en iode, il s'en fixe d'autant moins qu'il y a plus d'iodure de potassium. Or on sait que, dans une telle solution, l'iode existe à l'état de molécules I^2 et d'ions I^{3-}, la proportion de ces derniers augmentant avec la concentration en iodure. La magnésie s'empare donc des molécules I^2.

3° Le précipité est décoloré rapidement par l'alcool et très lentement par lavage avec un liquide ayant, moins l'iode, la même composition que le liquide qui le baigne. Le phénomène est donc réversible.

4° La fixation, très brusque au début, ne se poursuit ensuite que très lentement à moins d'une agitation énergique.

5° Lorsque l'équilibre est établi, les quantités d'iode fixé dépendent des concentrations de l'iode en solution. En portant ces dernières en

abscisses, et en prenant pour ordonnées les quantités d'iode fixé par une quantité invariable de précipité, le graphique obtenu est une droite s'incurvant pour les faibles concentrations. Dans ce dernier cas, en prenant comme coordonnées les log des quantités précédentes, on obtient une courbe superposable par translation à la courbe $\log \frac{x}{1+x}$ en fonction de $\log x$. On en conclut que la quantité q d'iode fixé en fonction de la concentration C de l'iode total resté en solution est de la forme $q = \frac{a\mathrm{C}}{\beta + \mathrm{C}}$, a et β étant deux constantes.

En solution suffisamment iodurée, la concentration en ions I^3 est grande par rapport à la concentration en molécules I^2. En exprimant q en fonction de cette dernière, on obtient approximativement, C′ étant la concentration en molécules I^2, γ et λ deux constantes :

$$(1) \qquad \mathrm{C} = \frac{\lambda \mathrm{C}'}{\gamma + \mathrm{C}'}, \qquad \text{d'où} \qquad q = \frac{a\lambda \mathrm{C}'}{\beta\gamma + (\beta + \lambda)\mathrm{C}'}.$$

Ce résultat signifie, d'après la théorie de M. Jean Perrin, que la substance adsorbée, l'iode, doit former autour de l'adsorbant une couche unimoléculaire incomplète.

Pour les concentrations en iode correspondant à la partie rectiligne [1] de la courbe considérée en commençant, on trouve, en l'exprimant en fonction de C′,

$$(2) \qquad q = \frac{\mathrm{A}\lambda \mathrm{C}'}{\gamma + \mathrm{C}'} + \mathrm{K} = \frac{\mathrm{A}(\lambda + \mathrm{K})\mathrm{C}' + \mathrm{K}\gamma}{\mathrm{C}' + \gamma},$$

K étant une nouvelle constante. On obtiendrait une expression semblable en supposant que la surface adsorbante présente au temps t une fraction sans molécules $\alpha\mathrm{S}$, une autre couverte d'une molécule $\alpha'\mathrm{S}$, le reste $\alpha''\mathrm{S}$ couvert par deux molécules formant par exemple une molécule I^4 dissociable. A l'équilibre, il s'en fixe autant qu'il s'en détache, et l'on a

$$(k\alpha\mathrm{S} + k'\alpha'\mathrm{S})\,c\,dt = (k'_1\alpha'\mathrm{S} + k''\alpha''\mathrm{S})\,dt,$$

où les k sont les constantes de vitesse. La quantité fixée est proportionnelle à $2\alpha'' + \alpha'$, c'est-à-dire

$$\mathrm{M}(2\alpha'' + \alpha') = \frac{\mathrm{M}(k\alpha + 2k')c + \mathrm{M}(k'' - 2k'_1)}{k'c + k'' - k'_1},$$

[1] En coordonnées logarithmiques, la courbe représentant cette zone présente une convexité tournée vers l'axe des abscisses.

analogue à la formule (2) en supposant α petit vis-à-vis de 1, et restant à peu près constant lorsque les quantités fixées sont déjà notables.

Seule la valeur de k'' serait modifiée dans les expressions ci-dessus si les molécules doubles quittaient la surface à l'état de molécules doubles ou si, la quittant en partie à l'état de molécules simples, en partie à l'état de molécules doubles, il existe entre ces deux fractions un rapport constant.

Le résultat pourrait s'étendre à plusieurs couches, en admettant que les premières formées sont complètes et n'interviennent plus; le nombre de molécules fixées serait alors proportionnel à $(n + 2\alpha'' + \alpha')$, en sorte que l'expression obtenue serait toujours de la même forme.

Les expériences qui ont conduit à ces résultats ont été faites en observant les points suivants : 1° la magnésie était précipitée quelques heures avant le moment où l'iode était ajouté; 2° l'iodure de potassium, en quantité égale dans tous les essais d'une même expérience, était en concentration suffisante pour empêcher la formation d'iodate.

Voici deux expériences dont les chiffres ne doivent pas être rapprochés, à cause d'une différence dans la concentration en iodure :

I.

Concentration du liquide $\times 10^{-3}$g.	0,07	0,20	0,69	1,54	2,40	3,26	4,12
Quantité d'iode fixé par le précipité $\times 10^{-3}$g.	3,8	5,6	7,4	9,1	10,7	12,3	13,6

II.

Concentration du liquide $\times 10^{-4}$g.	0,16	0,19	0,23	0,28	0,35	0,39	0,85
Quantité d'iode fixé par le précipité $\times 10^{-3}$g.	1,24	1,91	2,59	2,88	3,17	3,84	4,79

Les chiffres du tableau I montrent en particulier qu'aprés la courbure du début, terminé lorsque la concentration dans le liquide est $0,69.10^{-3}$, le graphique que l'on obtient est une droite. L'adsorption qui a lieu alors est encore notable, puisqu'elle passe de $7,4.10^{-3}$ à $13,6.10^{-3}$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *La séparation des composants surlimoneux et colloïdaux du sol par centrifugation.* Note de M. **J. Dumont**, présentée par M. G. André.

J'ai montré [1] la possibilité d'effectuer une séparation rapide des composants limoneux et colloïdaux du sol en substituant la centrifugation aux

(1) *Comptes rendus*, **153**, 1905, p. 889.

divers procédés de sédimentation. J'ai pu, depuis cette époque, utiliser un centrifugeur électrique à grande vitesse (8 à 9000 tours par minute) qui m'a permis de réaliser, en deux ou trois minutes, des séparations très satisfaisantes.

Les sédiments, préalablement décapés à l'acide oxalique, sont placés en milieu ammoniacal. Le rayon utile du centrifugeur étant de 13^{cm}, et le nombre de tours (n) par seconde pouvant varier de 10 à 150, les vitesses de chute (v) des particules solides dans l'eau sont de 52 à 11000 fois plus grandes qu'en chute libre au sein du même liquide. Voici quelques données, à titre documentaire, exprimées en centimètres :

Diamètre des particules.	Vitesses de sédimentation.	Valeurs de v pour n égal à : 10.	20.	40.	60.	80.	100.	150.
0,0001	0,000075	0,0039	0,0156	0,0624	0,1404	0,2496	0,3900	0,8795
0,0003	0,000675	0,0351	0,1404	0,5516	1,2636	2,1464	3,2100	6,8455
0,0005	0,001875	0,0975	0,3900	1,5600	3,5100	6,2400	9,7500	21,9875
0,0007	0,003075	0,1911	0,7734	3,0576	6,8796	12,2304	19,1100	43,0755
0,0009	0,006075	0,3159	1,2636	5,0544	11,3724	20,2176	31,5900	71,2395

En opérant ainsi, par centrifugation à grande vitesse, l'*argile brute* provenant de l'analyse physique des terres peut être divisée en deux portions : l'une qui se dépose et que j'appelle *surlimon* (parce que dépourvue de cohésion à l'état sec) est formée de particules d'un diamètre inférieur au millième de millimètre; l'autre, qui demeure en suspension, et que l'on peut considérer comme étant le véritable *colloïde argileux*.

Pour montrer que les procédés de sédimentation ne permettent pas de séparer les matières colloïdales à l'état pur, j'ai soumis à la centrifugation *l'argile brute* provenant de différents sols. Voici les résultats obtenus *par gramme d'argile* remise en suspension dans l'eau ammoniacale :

Origine des argiles.	Éléments dosés par gramme d'argile. Surlimon.	Colloïdes.	Pertes.
	g	g	g
Terre franche (jardin)	0,870	0,085	0,045
Terre légère sableuse	0,944	0,044	0,012
» calcaire	0,950	0,032	0,018
Terre argilo-sableuse [1]	0,812	0,167	0,021
Terre argilo-calcaire [1]	0,771	0,212	0,017
Terre très forte (Castillon) ..	0,619	0,378	0,013

[1] Je me sers plus correctement des expressions : terres *limono-sableuses* ou *limono-sablonneuses* silicatées, quartzeuses ou calcaires suivant la nature minéralogique des matières sableuses.

On voit que la proportion de surlimon contenu dans les argiles brutes séparées par sédimentation, après un jour de repos, peut varier de 60 à 95 pour 100, en chiffres ronds, suivant la nature des terres considérées. La séparation s'effectue dans des tubes tarés, en pyrex, dont la capacité utile est de 40^{cm^3}; le dépôt de surlimon, très adhérent au tube, permet la décantation des liquides colloïdaux, et l'on peut remettre en suspension la matière surlimoneuse pour procéder à son lavage. On centrifuge encore deux minutes, on décante et l'on sèche le dépôt à l'étuve pour déterminer son poids. La *suspension colloïdale* est ensuite floculée : soit par quelques gouttes d'acide (ou mieux de chlorure de calcium) si l'on veut doser ensemble le *colloïde argileux* et le *colloïde humique;* soit par du chlorure d'ammonium, d'abord, qui flocule l'argile, puis, après centrifugation et décantation, par le chlorure calcique, floculant de l'humate ammoniacal.

Dans tous les cas, les précipitations ou floculations s'effectuent dans les tubes tarés du centrifugeur. On sépare facilement les précipités en centrifugeant une minute; on procède à des lavages, s'il y a lieu, puis on sèche et l'on pèse. Le dosage des *sesquioxydes colloïdaux* (hydrate ferrique) s'effectue de même en partant de la liqueur oxalique du décapage et précipitant par l'ammoniaque.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des carbures alléniques.* Note de M. **Marcel Bouis**, présentée par M. Ch. Moureu.

J'ai indiqué dans une Note précédente [1] une suite de réactions conduisant à l'éthylallène à partir du vinyléthylcarbinol. Ce procédé de synthèse est général, et j'ai pu étendre les résultats déjà obtenus aux homologues supérieurs. On peut donc schématiser comme il suit la synthèse des carbures alléniques $R - CH = C = CH^2$.

Les vinylalcoylcarbinols $CH^2 = CH - CHOH - R$, traités par le tribromure de phosphore en présence de pyridine, donnent, à la suite d'une transposition moléculaire totale, les bromures $CH^2Br - CH = CH - R$, dont la structure est démontrée par le passage aux acétates

$$CH^3COO - CH^2 - CH = CH - R,$$

puis aux alcools correspondants $R - CH = CH - CH^2OH$. On a d'ailleurs là une bonne méthode de préparation des alcols β-alcoylallyliques.

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 788.

Les bromures ci-dessus fixent du brome, d'où les tribromhydrines

$$CH^2Br - CHBr - CHBr - R.$$

Par l'action de la potasse, on passe ensuite aux dibromures

$$CH^2 = CBr - CHBr - R,$$

qui, eux-mêmes, traités par la poudre de zinc et l'alcool, conduisent aux carbures $R - CH = C = CH^2$. Les rendements sont les mêmes que dans le cas de l'éthylallène. En particulier, on passe de l'alcool initial au carbure avec un rendement dépassant facilement 40 pour 100.

Ayant réalisé par cette méthode la synthèse du propylallène et du butylallène, j'ai étudié tous les composés intermédiaires rencontrés à cette occasion, et j'ai préparé de plus les tétrabromures correspondant à ces deux carbures. Les analyses de tous ces composés ont été satisfaisantes. Leurs constantes physiques seront publiées ultérieurement dans un autre Recueil. Je me borne aujourd'hui à décrire les deux nouveaux carbures obtenus :

Propylallène (hexadiène-1-2) $C^3H^7 - CH = C = CH^2$:

Eb. = 78-79°; $d_{17} = 0,7198$; $n_D^{17} = 1,4298$; R. M. = 29,42 (théorique = 28,93).

Butylallène (heptadiène-1-2) $C^4H^9 - CH = C = CH^2$:

Eb. = 105-106°; $d_{18} = 0,7306$; $n_D^{18} = 1,4322$; R. M. = 34,09 (théorique = 33,53).

On peut constater, chez les bromures $CH^2Br - CH = CH - R$ et, à un degré moindre, chez les carbures $R - CH = C = CH^2$, une exaltation de la réfraction moléculaire. Les termes en C^5, C^6 et C^7 présentent respectivement des exaltations de 0,73, 0,86 et 0,94 pour les bromures, et de 0,38, 0,49 et 0,56 pour les carbures. La pureté de ces composés n'étant pas douteuse, il faut attribuer ces anomalies à la structure même des molécules.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle érythrite.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Moureu.

Disposant des deux glycols isomères *cis* et *trans* (1)

$$CH^2OH - CH = CH - CHOH - CH^3,$$

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1475.

il était intéressant de chercher à les transformer en érythrites

$$CH^2OH - CH\,OH - CH\,OH - CH\,OH - CH^3.$$

J'ai tout d'abord éliminé les méthodes conduisant à ces corps en solution aqueuse et en présence de sels métalliques; en effet, leur purification eût été presque impossible, les solutions aqueuses d'érythrites n'étant pas épuisables à l'éther, les corps attendus n'étant pas distillables et dissolvant de notables quantités de sels.

Il convenait donc, semble-t-il, de passer par les dioxydes internes α

$$\underbrace{CH^2\,CH}_{O} - \underbrace{CH - CH}_{O} - CH^3$$

qui s'hydratent par l'eau pure.

Les glycols en solution éthérée ont fixé du brome jusqu'à saturation de la liaison éthylénique. Les bromhydrines obtenues,

$$CH^2OH - CH\,Br - CH\,Br - CH\,OH - CH^3,$$

n'étant pas distillables ni cristallisables, je ne les ai pas isolées, et j'ignore par conséquent si chacun des glycols donne une ou plusieurs bromhydrines isomères. C'est sur leurs solutions dans l'éther que j'ai fait agir la potasse; celle-ci, fondue, a été ensuite finement pulvérisée et introduite peu à peu.

Les oxydes α se font ainsi avec des rendements assez médiocres. Ainsi, pour le glycol *cis*, dont je ne possédais que quelques grammes, je n'ai obtenu que quelques décigrammes d'oxyde impur bouillant vers 150°, et dont l'hydratation fournit un liquide visqueux, sucré, mais en quantité si minime que toute purification et toute identification m'ont paru impossibles.

Le glycol *trans* a donné de meilleurs résultats. De 18^g de ce glycol, traités comme il a été indiqué ci-dessus, il est résulté $8^g,5$ d'un liquide dont voici les constantes :

$$\text{Eb. } 146\text{-}147 \text{ sous } 760^{mm}; \quad n_D^{17} = 1,4382; \quad d_4^{17} = 1,08125.$$
$$\text{R. M.} = 24,29; \quad \text{R. M. théorique} = 24,28.$$

Ce corps est bien l'oxyde attendu. Il possède une odeur agréable, il est soluble dans l'éther, l'alcool et l'eau.

Une ébullition prolongée avec l'eau pure l'a transformé en une solution aqueuse d'érythrite; celle-ci, concentrée dans le vide, puis soumise au vide sulfurique, s'est concrétisée en une masse entièrement visqueuse, qui après plusieurs jours a cristallisé.

Les cristaux essorés et purifiés par cristallisations fractionnées dans divers solvants mixtes fondent finalement à point assez fixe : (109°,5-110° corrigé) en un liquide incolore entièrement visqueux.

La composition élémentaire est bien celle qui correspond à l'érythrite attendue. D'une saveur très fortement sucrée, non amère, les cristaux sont entièrement solubles dans l'eau (mais non déliquescents), dans l'alcool absolu, dans la pyridine, moins dans l'acide acétique anhydre; ils sont au contraire presque totalement insolubles dans l'éther, le toluène et le tétrachlorure de carbone; ce sont des mélanges de liquides de chacun de ces groupes qui ont servi de solvants pour les purifier.

Il est difficile de donner *a priori* une formule stérique de l'érythrite cristallisée. Toutefois plusieurs raisons me conduisent à admettre provisoirement l'une des deux suivantes :

$$CH^2OH - \underset{H}{\overset{OH}{C}} - \underset{H}{\overset{OH}{C}} - \underset{H}{\overset{OH}{C}} - CH^3 \qquad \text{racémique}$$

ou

$$CH^2OH - \underset{H}{\overset{OH}{C}} - \underset{H}{\overset{OH}{C}} - \underset{OH}{\overset{H}{C}} - CH^3 \qquad \text{racémique.}$$

Mais seule l'étude des homologues, que j'ai entreprise, apportera peut-être quelque lumière sur la question.

SISMOLOGIE. — *Sur la nature des maximums inscrits dans les séismogrammes.* Note de M. E. **Rothé.**

L'étude des maximums de la phase principale des tremblements de terre n'a été jusqu'ici l'objet que d'un petit nombre de travaux. Les séismogrammes obtenus avec les appareils Galitzine apériodiques, à enregistrement galvanométrique à Eskdalemuir, Irkoutsk, Pulkovo, Tiflis et Uccle montrent, d'après Galitzine, qu'un même tremblement de terre produit dans les différentes stations, dans la phase maximale, des mouvements du sol tout à fait différents, tant par la période, l'amplitude que par l'aspect général du séismogramme. Il en résulte que bien souvent il est impossible d'identifier des maximums dans les différentes stations. On remarque avec surprise que *les maximums se produisent plus tôt dans une station plus*

éloignée de l'épicentre. Des stations à la même distance donnent parfois des résultats très différents et Galitzine attache une importance particulière aux conditions locales.

Quelle est l'origine physique de ces maximums? S'agit-il d'un phénomène particulier, d'un certain genre d'ondes à grande période prenant naissance quelque temps après le tremblement de terre et *se propageant à la manière des ondes de Rayleigh?* Ou bien ces maximums prendraient-ils naissance au foyer même, dès l'origine du choc et se propageraient-ils à faible vitesse? Faut-il voir dans cette phase une résonance, une conséquence des propriétés physiques et mécaniques de la station de réception? Pour chercher une solution physique à ces questions, que je me suis posées depuis plusieurs années, j'ai d'abord envisagé un cas simple et examiné en premier lieu les ondes des séismogrammes accusant une forte composante verticale, c'est-à-dire des ondes de Rayleigh, et non des ondes de Love. Les belles inscriptions du vertical Galitzine montrent après le début de longues séries de maximums plus ou moins espacés, rappelant souvent, à s'y méprendre, les phénomènes de battements fournis par les diapasons ou les mouvements périodiques quelconques. Ces maximums ne coïncident pas avec ceux des composantes horizontales.

La première partie de ce travail, dont l'ensemble paraîtra ailleurs, a un caractère objectif : il se rapporte surtout à la statistique séismologique. J'ai publié pour un grand nombre de tremblements de la région de Pacifique des tableaux numériques indiquant la période moyenne des ondes et la vitesse apparente correspondante.

De l'ensemble de ces données il résulte que des séries de battements à périodes plus courtes que celles des longues ondes apparaissent avec des vitesses qui jamais n'atteignent celles de ces longues ondes; les vitesses correspondant aux divers trains ne sont pas constantes, même pour les séismes provenant d'une même région.

Si l'aspect général est le même, l'étuve quantitative accuse des différences marquées. On peut aussi aisément se convaincre par un travail patient que le maximum maximorum ne correspond pas à une phase déterminée; on ne peut mettre en évidence une vitesse constante de propagation.

Pour expliquer les battements et leurs diverses apparences, j'ai employé une méthode de synthèse, en combinant mécaniquement des mouvements d'amplitudes et de périodes connues, à l'aide d'un combinateur de mouvements qui sera décrit ailleurs.

Après quelques tâtonnements on arrive à reproduire, sinon dans les

détails, tout au moins dans les lignes générales, les aspects présentés par les battements des séismogrammes.

A titre d'exemple j'indiquerai qu'avec trois mouvements composants de même amplitude et de périodes $14^s,7$, $14^s,1$, $13^s,5$, on obtient par suite des changements de phase une longue variété d'aspects. Il faut environ 8 heures pour que l'on retrouve l'identité, les maxima et minima se succédant à des intervalles de 3 à 4 minutes. Un calcul simple fait voir que, si l'on suppose chacun de ces mouvements émis par un foyer, il suffira de très faibles distances entre les foyers F_1, F_2, F_3 pour produire en une station de réception déterminée le passage d'un battement (maximum) à une région d'annulation (minimum); il suffit en effet qu'entre deux mouvements vibratoires il y ait un désaccord d'une demi-période, il suffit que les foyers soient distants d'une demi-longueur d'onde, soit une vingtaine de kilomètres, et alors des vibrations de même période, se propageant avec la même vitesse, seront en opposition au lieu d'être en phase. Ainsi il suffit d'admettre l'existence d'un certain nombre de foyers d'émission très rapprochés les uns des autres pour arriver à une explication mécanique simple de ces ondes compliquées. Est-il trop présomptueux d'admettre que, lors des grands tremblements de terre qui se propagent au loin, il puisse exister des foyers d'émission de vibrations à des distances de l'ordre d'une longueur d'onde? Admettre l'isostasie, la théorie d'Airy, les conceptions de Lippmann, c'est admettre que sous les continents l'écorce est plus épaisse que sous les océans, et alors la surface inférieure de la lithosphère au contact du sima ou d'un magma fluide doit être très irrégulière et former des cavités où, lors d'un choc dans la lithosphère, des vibrations peuvent prendre naissance et s'amplifier par résonance.

Il semble très naturel aussi d'admettre qu'à la surface de séparation du sial et du sima ou du magma, des ondes de Rayleigh à composante verticale importante puissent se propager et interférer entre elles par le mécanisme indiqué ci-dessus. On ne saurait donner l'explication des faits précédents sans une hypothèse. Celle-ci ne me paraît pas plus hardie que celle de l'existence des ondes de Rayleigh à la surface de l'écorce.

Il semble ainsi que la plupart des séismes de la région du Pacifique présentent une phase qu'on pourrait désigner par la lettre V, exprimant par là qu'elle est caractérisée par la grandeur de la composante verticale du mouvement vibratoire, mais dont la vitesse de propagation est inférieure à celle généralement admise pour les ondes de Rayleigh; elle est un peu supérieure à 3^{km}. Ces ondes sont bientôt suivies d'autres trains analogues qui interfèrent

avec les premiers en produisant des battements, souvent assez nettement caractérisés pour qu'on puisse les reproduire artificiellement. Aux différents trains correspondent des vitesses de propagation apparentes qui se retrouvent pour les séismes provenant d'une même région, mais variant d'une région à l'autre et d'une station d'observation à l'autre. Tous ces faits s'expliquent d'une manière simple dans la théorie résumée ici.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les périodes de constance de la température dans une station de moyenne altitude*. Note de M. **Albert Baldit**, présentée par M. Bigourdan.

Dans une étude antérieure (¹), nous nous sommes proposé de rechercher si certaines températures de l'air ne sont pas plus fréquentes que d'autres, ou, plus exactement, ne durent pas plus que d'autres, et de déterminer la relation qui existe entre ces températures et la température moyenne définie comme à l'ordinaire.

Lorsqu'on calcule les fréquences de température et qu'on examine la succession des températures horaires dans un recueil d'observations, on remarque que, même dans un climat à régime variable, il existe d'assez nombreuses séries d'heures pendant lesquelles la variation de la température est très faible et ne dépasse pas quelques dixièmes de degré.

Nous avons étudié ces périodes de faible variation, et précisé leurs particularités climatologiques et dynamiques.

Afin de nous limiter aux seuls cas intéressants, nous ne retenons que ceux où la variation de la température est inférieure à 1° pendant un intervalle de temps de 12 heures consécutives au moins. Pour la commodité du langage, nous appelons une telle période, une *constance* (de température). Celle-ci est caractérisée par sa température moyenne, par l'amplitude des oscillations de part et d'autre de cette moyenne, par l'heure de son début, et par sa durée.

L'étude en question a été effectuée pour la station du Puy-en-Velay, située à 684^{m} d'altitude dans la partie méridionale du Plateau Central, et pour les 16 années d'observations 1910-1925. Le climat du Puy est nettement continental. Néanmoins, dans les 16 années étudiées, nous relevons 301 constances qui se répartissent ainsi dans les différents mois :

Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total.
65	33	24	22	10	2	0	5	7	29	56	48	301

(¹) Cf. A. Baldit, *Sur la fréquence des températures à Saint-Maur, et à Zi-ka-Wei* (*Annuaire de la Société Météorologique de France*, 1906, p. 195).

a. Le maximum de fréquence a lieu en janvier, mais un maximum secondaire se produit en novembre, et l'examen des dates montre que la période du 20 au 30 novembre est privilégiée (29 constances sur 56). Nous rattachons cette particularité à l'existence de nombreux fronts chauds à ce moment de l'année, abondance caractéristique de notre climat.

b. Dans chaque mois la température à laquelle se produisent les constances les plus nombreuses est voisine du minimum moyen du mois, mais elle lui est généralement un peu supérieure et le surpasse d'une quantité d'autant plus grande que l'amplitude de la variation diurne est plus grande.

c. Les températures auxquelles se produisent le plus souvent les constances ne sont pas quelconques. On trouve un maximum très net à la température de 0° et des maxima secondaires à $-4°$, $+6°$, $+13°$, ce dernier peu accusé. Le maximum à 0° s'explique par les mêmes causes qui donnent à la température de 0° une fréquence plus grande qu'aux températures voisines.

d. Sous une couche nuageuse épaisse, l'air saturé qui se trouve au niveau de la mer à 0°, entraîné vers le haut, se détend adiabatiquement, et arrive à l'altitude de 684^{m} (altitude de la station du Puy), avec une température de $-4°,3$. Nous expliquons de cette manière le maximum secondaire de fréquence que l'on observe à $-4°$. A chaque altitude, dans des conditions topographiques analogues à celles de notre station, la température de 0° a en quelque sorte son écho dans la température que l'on déduit de celle-ci par transformation adiabatique, du niveau de la mer jusqu'à cette altitude. Si l'air n'est pas saturé, la température est inférieure à $-4°$: de là une extension diffuse du maximum de $-4°$ jusqu'à $-6°$.

Nous rattachons les températures de 6° et 13°, pour une grande partie aux températures des courants atmosphériques qui prédominent à certaines saisons, courants océaniques de W, courants méditerranéens de S.

e. Les constances de température débutent pour le plus grand nombre entre 11^{h} et 23^{h}, pour le plus petit nombre entre 23^{h} et 11^{h} (274 et 27 sur 301). Le maximum de fréquence a lieu pour l'année entière entre 17 et 18^{h}, avec une légère variation provenant de la variation des heures du coucher du Soleil qui s'explique immédiatement. Un maximum secondaire a lieu entre 12^{h} et 13^{h}, et ce résultat est trop nettement indiqué dans les cas particuliers pour douter qu'il ait une signification. Nous le rattachons provisoirement au maximum de nébulosité que l'on observe d'habitude à ce moment de la journée.

f. Les directions du vent qui dominent pendant les constances se répar-

tissent ainsi :

E.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Calme.	Indéterminé.	Total.
53	55	1	12	34	5	6	89	20	26	301

Au groupe des vents de N à NE correspondent les constances de basse température et de longue durée de l'hiver (type 8 décembre 1920), avec ciel couvert.

Les constances par vent de NW très fréquentes (type d'été, 21 août 1921) proviennent du courant d'W boréal dévié en NW sur la France et en N sur la Méditerranée. Le ciel est fréquemment couvert sur de vastes étendues. Le vent peut être de force quelconque.

g. Les constances par vent de S (type 2 et 3 janvier 1925) offrent dans notre région les particularités les plus nettes. Elles débutent vers 18^h et se répètent pendant plusieurs jours consécutifs. Elles forment chaque jour un palier de température et les paliers successifs s'élèvent à mesure qu'on s'éloigne du début de la période du vent de S. Les intervalles entre les paliers successifs vont en diminuant rapidement : $4°$ à $2°$ du premier au second, $2°$ à $1°$ du second au troisième, $1°$ à moins de $1°$ pour les autres. Nous expliquons cet attribut par un effet de fœhn.

Enfin, à l'encontre des autres périodes de constance, le ciel n'est pas toujours couvert par des nuages bas ou même par des nuages élevés. Il est parfois simplement nuageux. La radiation nocturne du sol n'intervient donc pas pour troubler l'invariabilité de la température, ce qui semble indiquer un effet local et une diminution du coefficient de turbulence de l'air que nous nous proposons d'étudier plus spécialement.

BOTANIQUE. — *Sur les modes de dégénérescence des chloroplastes, particulièrement dans le parasitisme.* Note de M. **J. Beauverie**, présentée par M. L. Mangin.

Cette dégénérescence peut être produite expérimentalement si l'on provoque des perturbations osmotiques du milieu interne. On fera agir, par exemple, l'eau ordinaire, l'eau distillée, les solutions plus ou moins concentrées de sucres, des solutions de saponine, lesquelles, en abaissant la tension superficielle, exercent une action un peu particulière, etc. L'action d'un parasite intra ou intercellulaire, qui se traduit en fin de compte par des perturbations osmotiques, peut provoquer une telle dégénérescence. Il

est en effet facile de constater qu'un tissu envahi est généralement plus ou moins pauvre en chloroplastes. Ceux-ci ont disparu après dégénérescence, mais le phénomène est fugace et l'on a peu de chances de le constater sous le microscope; par contre, on peut le provoquer facilement au moment même de l'observation des coupes fraîches. Nous avons montré que ces éléments sont plus ou moins « fragilisés » et cèdent plus facilement que les autres à l'action de solutions anisotoniques. En faisant agir de telles solutions on aura des chances d'assister aux phases du phénomène.

Quels sont les faits morphologiques de cette dégénérescence? Nous en avons observé deux catégories. Dans le cas le plus général, le chloroplaste prend un aspect granuleux : le plaste subit une dégénérescence huileuse et dans les gouttelettes ainsi produites se dissout le pigment vert (Guilliermond); parfois (dans solution de saponine), l'étalement se fait avec émission de fins prolongements périphériques produisant un aspect étoilé.

Cette dégénérescence s'obtient plus facilement dans les tissus parasités que dans les tissus sains, c'est-à-dire que les chloroplastes céderont plus vite à l'action d'une solution anisotonique ou le feront pour une dilution plus faible; c'est ce que nous avons appelé la « fragilisation plastidaire ».

Ce phénomène paraît en relation avec l'état d'hypertonie que l'envahissement d'un champignon parasite engendre, dans le milieu cellulaire, dans la grande majorité des cas.

Il est un autre mode de dégénérescence que nous n'avons encore observé avec une netteté parfaite que dans le cas des cellules du parenchyme foliaire de la pomme de terre fortement atteinte « d'enroulement ». Si l'on monte des coupes fraîches dans l'eau distillée, ou même l'eau ordinaire, on peut assister au bout de quelques minutes au phénomène suivant (rechercher les cellules à membrane lésée) : le plaste se gonfle en une forte bulle hyaline avec des granules incolores à la périphérie, tandis que le pigment vert reste à l'état de capuchon sur un pôle de la bulle. Cette vésiculisation a été décrite par Guilliermond pour les mitochondries et nous l'avons observée souvent nous-même pour des mitochondries ou pour les chromoplastes xanthophylliens des pétales de Renonculacées, mais elle paraît rare chez les chloroplastes où elle doit résulter de conditions très spéciales.

L'« enroulement » correspond à un état pathologique dont la fragilisation si curieuse des chloroplastes que nous venons de signaler serait un effet. On peut aller plus loin dans l'explication de cette fragilisation : l'enroulement crée dans le milieu cellulaire un état d'hypotonie par rapport au cas de santé normal. En effet, on sait que par suite de l'obstruction du

liber l'amidon se forme sur place dans les feuilles, les petites molécules de monosaccharides deviennent, par condensation, des molécules plus grosses, mais moins nombreuses, de polysaccharides, d'où l'abaissement de la tension osmotique et la fragilisation consécutive des plastes.

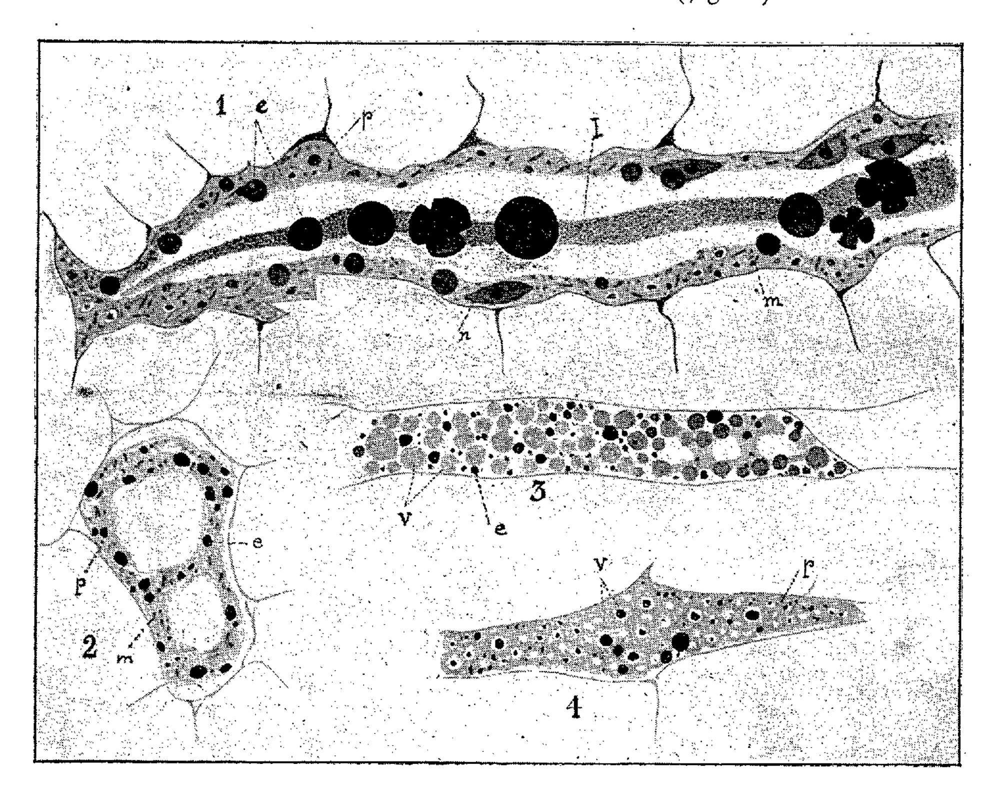
En résumé, nous avons montré comment s'effectue expérimentalement ou sous l'action d'un parasite la dégénérescence des chloroplastes, de deux manières : étalement avec fonte granuleuse ou bien vésiculisation et éclatement. Dans la limite de nos observations, le premier cas s'est montré en relation avec un état d'hypertonie du milieu cellulaire et le second cas avec un état d'hypotonie de ce milieu.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude cytologique des laticifères.* Note de M[lle] **H. Popovici**, présentée par M. Molliard.

Dans une Note antérieure, nous avons établi que les essences apparaissent directement dans le cytoplasme. Nous avons étendu cette étude sur d'autres plantes à poils ou à canaux sécréteurs sans trouver d'exceptions à la règle. Or il y a des plantes contenant des essences dans les laticifères. Bien que connues depuis longtemps leur cytologie est peu claire. Peu d'auteurs se sont occupés de l'origine de ces essences. D'après Berthold, l'essence se trouve dans le cytoplasme et comme le latex en est bourré; cet auteur conclut que ce dernier représente du cytoplasme plus fluide. Molisch laisse ouverte la question de l'origine des essences; il insiste sur la distinction entre le cytoplasme formant un sac et le latex lui-même qui, d'après lui, serait le contenu d'une vacuole centrale. Pourtant aucune preuve indubitable n'a été apportée à l'appui de cette manière de voir. Nous en apportons une et la plus sûre : la coloration vitale du contenu des laticifères.

Avant d'arriver à un résultat positif, nous avons fait de nombreuses et vaines tentatives. En effet, la condition essentielle de la réussite de ces colorations est l'intégrité des cellules, impossible à réaliser dans les cas où les laticifères constituent un réseau continu ou des tubes de la longueur même de la plante. Il existe toutefois des cas, où, au moins dans les parties initiales, les laticifères sont cloisonnés. C'est le cas de la Chélidoine. De très jeunes pétales, qui offrent en plus l'avantage d'être très transparents, sont colorés par une solution de rouge neutre ou de bleu de crésyl. A cet âge chaque cellule de la file des laticifères présente un vacuome caractéristique : de

petites vacuoles rondes, rarement allongées, se colorant d'une manière diffuse, ou ayant quelquefois un précipité plus vivement coloré et animé de mouvements browniens (*fig*. 3, *v*). Le cytoplasme constitue donc un réseau dans les mailles duquel on aperçoit, grâce à leur réfringence, les gouttelettes de résine entraînées par les courants cytoplasmiques (*fig*. 3, *e*). Une double coloration vitale au rouge neutre et au bleu d'indophénol permet de distinguer encore mieux ces deux formations différentes (*fig*. 3).



Par la méthode de Regaud, l'individualité de ces vacuoles est conservée : les vacuoles apparaissent incolores dans le cytoplasme gris (*fig*. 4, *p*) et ont souvent à leur intérieur un précipité coloré en noir (*fig*. 4, *v*). Chez les *Ficus* (*F. Carica* notamment), la vacuole centrale est unique et contient l'émulsion : la majorité des globules d'essence s'y trouve. Une fixation au Meves (*fig*. 1) nous révèle presque schématiquement la structure du laticifère : le cytoplasme (*p*). sous forme de sac, double les parois et contient des noyaux fusiformes (*n*), un chondriome (*m*) morphologiquement homogène, car les plastes élaborateurs d'amidon dans le cas des Euphorbes se

confondent ici avec les mitochondries inactives; et enfin on y rencontre des gouttes de caoutchouc, qui tombent ultérieurement dans la vacuole (*e*).

C'est le seul cas où l'essence se trouve localisée dans la vacuole, mais cela paraît assez naturel étant donné que partout ailleurs elle est toujours évacuée, soit dans la poche cuticulaire des poils, soit dans le lumen des canaux : ici l'évacuation ne peut se faire que dans la vacuole.

Il résulte de nos recherches que, même dans les cas qui paraissent aberrants, comme dans les laticifères les essences se forment selon le mode ordinaire, dans le cytoplasme. D'ailleurs chez les *Ficus* nous avons affaire à du caoutchouc, substance, chimiquement définie, qui, chez les *Parthenium*, se forme dans des canaux sécréteurs, dans le cytoplasme d'où il est éliminé dans le lumen du canal.

CRYPTOGAMIE. — *Sur quelques champignons parasites des racines de Phanérogames*. Note (1) de **M. A.-L. Guyot**, présentée par M. L. Mangin.

L'examen du système radiculaire des Phanérogames permet la mise en évidence d'une flore cryptogamique très variée, dont il n'est pas toujours aisé de préciser la position systématique ou la signification biologique.

Nous pensons que nos récentes observations sur la flore radicicole de certaines d'entre elles — graminées plus spécialement — sont susceptibles de permettre, le cas échéant, un classement plus rationnel des nombreuses formes cryptogamiques hébergées par ces plantes.

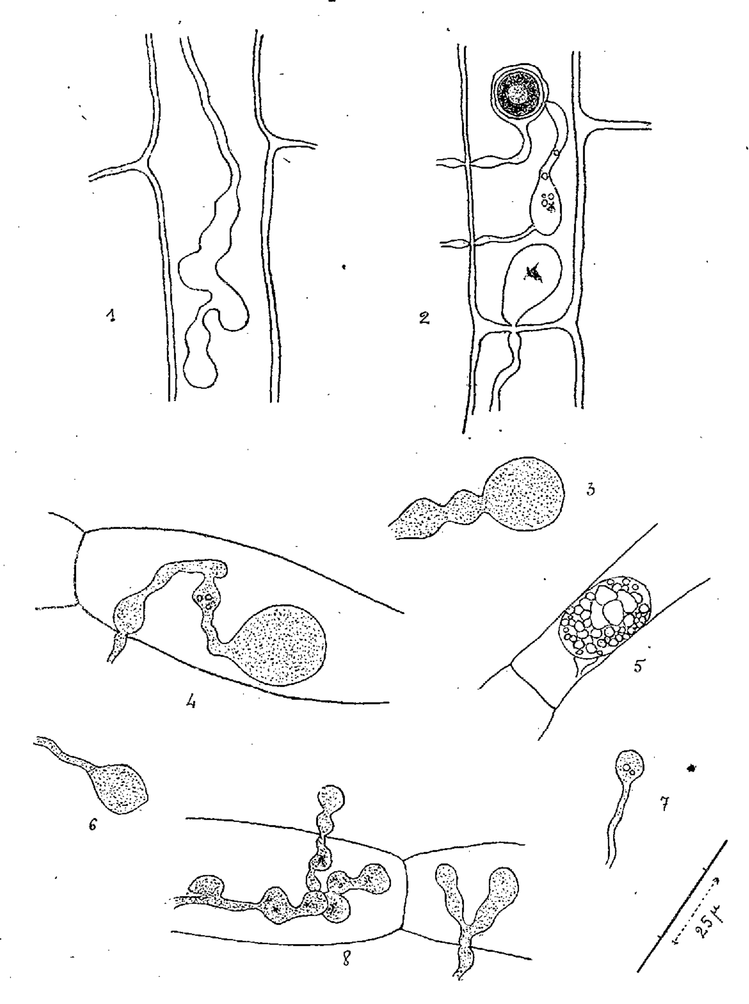
Nos observations ont porté surtout sur diverses espèces du genre *Pythium ;* ces champignons, très vraisemblablement hôtes normaux des sols, sont capables de pénétrer éventuellement les racines des plantes croissant sur ces sols, lorsqu'elles sont en état de souffrance pour une cause quelconque.

L'un de ces *Pythium* est surtout intéressant; très répandu dans la nature, il s'attaque de préférence au système radiculaire des graminées, bien que d'autres phanérogames — lin, betterave, renoncule, etc. — soient susceptibles de l'héberger aussi. Son développement mycélien est particulièrement abondant en même temps que fugace, si bien que les éléments de conservation, seuls, bien souvent, sont visibles.

Nous avons rencontré aussi fréquemment ce champignon associé au *Leptosphæria herpotrichoïdes*, à l'intérieur des gaînes foliaires de Blé para-

(1) Séance du 5 juillet 1926.

sitées par celui-ci. Dans les racines de cette céréale, il se localise volontiers à l'extrémité de l'axe radiculaire, au niveau de la coiffe, et pénètre rarement en profondeur au delà de l'assise pilifère.



Formes mycéliennes et œufs d'un *Pythium* radicicole.
1 et 2 : à la base d'une gaine foliaire de blé parasitée par *Leptosphæria herpotrichoides*.
3, 4, 5, 6, 7 et 8 : dans les tissus altérés d'une racine de *Renonculus arvensis*.

L'aspect particulier de ces divers *Pythium*, reconnaissables seulement par l'observation du stade de reproduction sexuée, explique leur confusion possible avec certaines espèces du groupe des Cladochytriacées ; ainsi les formes décrites par Griffon et Maublanc (sur *Lolium perenne*), sous le nom de *Cladochytrium caespitis*, par Massée (sur diverses graminées), sous le nom

de *Cladochytrium graminis*, doivent être plutôt envisagées, selon nous, comme un stade particulier de l'évolution de ces *Pythium* radicicoles.

En dehors de ceux-ci, plusieurs espèces de *Mucor*, comme aussi l'*Asterocytis radicis* et divers *Ligniera* sont des hôtes très fréquents des racines, de plantes variées.

Ces divers champignons, chez les plantes dont ils envahissent les racines, revêtent des formes spéciales qui montrent de frappantes ressemblances avec les aspects fungiques décrits chez ces végétaux comme représentant les endophytes ou mycorhizes de ceux-ci.

Cependant, ce que nous savons de la biologie de ces cryptogames, ainsi que leur localisation presque constante aux racines altérées — les racines apparemment saines en étant la plupart du temps dépourvues, — ne nous autorisent à voir en elles que des parasites de faiblesse contre l'infection desquels se prémunissent assez facilement les plantes vigoureuses et saines.

Leur excessif développement, sous certaines conditions, coïncide souvent, chez les plantes dont ils pénètrent les racines, avec l'existence de symptômes de souffrance très analogues à ceux que l'on rattache habituellement, soit à des troubles parasitaires à évolution mal connue (« brûlure » des Graminées et de diverses plantes telles que le Lin), soit à un état particulier de « fatigue » des sols, soit enfin à des infections liées à l'intervention de certains champignons (« fusarioses » des céréales par exemple).

Nous pensons que ces *accidents de parasitisme* sont, pour une large part, responsables de la croyance de certains botanistes à l'existence d'une *flore radicicole normale* (Peyronel) chez les Phanérogames.

Ainsi une grande prudence s'impose lors de l'interprétation des formes mycéliennes révélées par l'examen des racines chez les Phanérogames. A côté de l'*infection normale*, fondement essentiel de la théorie mycorhizienne, il apparaît nécessaire de ne point négliger les *infections accidentelles* dont sont responsables les champignons sur lesquels il nous a paru utile d'attirer l'attention des biologistes.

D'un autre côté, leur présence très fréquente dans les racines de nombreuses plantes complique singulièrement la détermination exacte des causes premières de certaines maladies bien définies auxquelles se trouve associé, de manière constante, l'un quelconque des champignons précités.

PHYSIOLOGIE. — *Étude quantitative de l'action de la morphine sur l'écorce cérébrale.* Note de MM. **A. Rizzolo** et **A.-B. Chauchard**, présentée par M. Henneguy.

L'influence de la morphine sur l'écorce cérébrale a été l'objet d'un certain nombre de travaux. Bubnoff et Heidenhain, après eux Charles Richet, Amentea, Baglioni, et d'autres observent, après injection de morphine, un abaissement du seuil faradique des centres moteurs de l'écorce. Ils en concluent que la morphine a pour effet d'augmenter l'excitabilité cérébrale.

On sait aujourd'hui qu'une simple lecture de seuil ne permet pas d'évaluer l'excitabilité; les travaux de Lapicque ont établi d'une façon définitive qu'il y a deux paramètres de l'excitation, l'intensité et le temps. L'intensité liminaire pour une durée indéfinie de passage de courant constant est la *rhéobase* qui, sous la dépendance des contingences expérimentales, ne présente pas une valeur constante et ne peut que servir de base à la détermination du temps caractéristique, la *chronaxie*. Or, avec la bobine d'induction seule l'intensité est variable; par contre la durée des ondes est fixe et non modifiable au gré de l'expérimentateur. De plus la nature des électrodes a une grande importance : sans électrodes impolarisables, pas de résultats précis.

Des mesures de chronaxie cérébrale chez le Chien ont été prises pour la première fois en 1925 par A. et B. Chauchard (1). Nous avons adopté la même méthode : nos déterminations ont été faites soit au chronaximètre, soit au condensateur, l'anode étant fixée au muscle temporal, la cathode constituée par une électrode impolarisable du type d'Arsonval-Lapicque. Les premières expériences ont eu lieu dans une pièce de température peu variable, toujours voisine de 16°.

Dans le but d'éliminer le refroidissement de l'écorce, nous nous sommes par la suite placés dans une chambre étuve dont la température a été réglée de 25 à 30° suivant la taille des animaux, de manière à éviter d'une part les pertes de calorique, d'autre part l'apparition de la polypnée thermique. La boîte cranienne est réséquée à gauche sur ses deux tiers antérieurs à la pince coupante; la section de la dure-mère à la périphérie de la brèche osseuse met à nu l'écorce cérébrale; on recouvre le champ opératoire d'une compresse de coton imbibée de solution physiologique à 40° sur laquelle repose une toile imperméable.

Les excitations ont porté sur le centre cortical de l'orbiculaire des paupières, dans la circonvolution coronaire, au-dessous et un peu en arrière du gyrus sigmoïde. On

---

(1) *Société de Biologie*, 92, 1925, p. 955.

maintient à la cathode une forme de pinceau effilé de manière que l'excitation porte sur une zone très limitée, de surface pratiquement égale pour chaque stimulus. On a soin de rester bien au seuil de la réponse visible (contraction de l'orbiculaire droit). Après avoir déterminé à plusieurs reprises le voltage rhéobasique et la chronaxie sur l'animal normal, on lui injecte sous la peau 1cg par kilogramme de chlorhydrate de morphine en solution à 1 pour 100. Après une heure d'attente, on recommence une série de déterminations.

Voici quelques-uns de nos résultats. Nous les relevons au hasard, nos expériences, qui ont porté sur vingt animaux, ayant donné des chiffres toujours concordants en ce qui concerne l'action de la morphine :

Chronaximètre.

Expérience.	Chien.	Rhéobase en volts.	Chronaxie en millièmes de seconde.
V.	normal	3	0,5
	morphiné	3	0,25
VII.	normal	7	0,5
	morphiné	3,9	0,25
IX.	normal	3	0,5
	morphiné	3	0,25
XIV.	normal	3	1
	morphiné	3	0,25
XIX.	normal	2,2	1
	morphiné	2,4	0,2

Condensateur.

Expérience.	Chien.	Rhéobase en volts.	Capacité chronaxique en microfarads.
XVII.	normal	15	0,1
	morphiné	12,5	0,05
XVIII.	normal	15	0,1
	morphiné	15	0,04
XX.	normal	12,5	0,28
	morphiné	11	0,05

Dans chaque expérience, la rhéobase et la chronaxie ont été déterminées de 6 à 8 fois, d'abord à l'état normal, puis après morphinisation.

Ces chiffres nous montrent que la rhéobase après morphinisation est parfois inférieure, le plus souvent équivalente à celle qui a été trouvée sur l'animal normal, ce qui enlève toute valeur réelle aux évaluations basées uniquement sur le seuil. La chronaxie normale ne s'est pas montrée identique chez tous les Chiens en expérience; elle est particulièrement élevée

chez certains individus. Nous n'insistons pas sur ce fait intéressant qui mérite d'être l'objet d'une étude spéciale. Que la chronaxie initiale soit grande ou petite, après morphinisation, elle prend, dans tous les cas, une valeur de 0,2 à 0,25, soit une diminution de 50 à 80 pour 100.

Conclusions. — La rhéobase ne peut, en raison de son défaut de constance, servir à mesurer les variations de l'excitabilité.

L'injection de morphine a pour effet de diminuer notablement la chronaxie de l'écorce.

Après morphinisation, la chronaxie est d'une grande stabilité et ne présente plus de variations individuelles.

PHYSIOLOGIE. — *Le mécanisme d'action du chloroforme sur le protoplasme, le noyau et le chondriome des cellules d'*Allium cepa. Note de MM. **G. A. Nadson** et **N. Meisl**, présentée par M. Molliard.

Dans une Note précédente, nous avons décrit l'action du chloroforme sur le protoplasme des cellules de la levure *Saccharomyces Ludwigii*. Pour l'étude de l'influence du chloroforme, non seulement sur le protoplasme, mais aussi sur le noyau et le chondriome, un objet très commode est offert par les cellules épidermiques des écailles de l'Oignon commun. Des fragments d'épiderme sont placés dans une chambre à gaz que nous avons construite, et l'on observe la marche graduelle des modifications subies par la substance vivante de la cellule sous l'influence du chloroforme. C'est le chondriome qui est la partie la plus sensible. Alors que ni le protoplasme, ni le noyau ne montrent aucune modification structurale, et que même les mouvements protoplasmiques ne sont pas encore ralentis, les chondriosomes qui, ici comme en d'autres cas, se présentent sous la forme de granulations, de courts bâtonnets ou de filaments plus longs (chondriocontes), commencent déjà à modifier leur forme et leurs propriétés. Ils gonflent visiblement; les bâtonnets et les chondriocontes montrent, par places, des renflements qui leur donnent une forme en massue ou variqueuse, ou bien, à la suite de ce gonflement, ils se fragmentent; on voit alors apparaître dans les chondriosomes de petites gouttelettes de graisse, résultat du dédoublement des lipoprotéides aux dépens desquels ces chondriosomes se sont formés. Les bâtonnets et les fragments des chondriocontes se transforment, après s'être gonflés ordinairement, en vésicules pâles présentant de petites gouttelettes de graisse à la périphérie. Enfin, la substance

des chondriosomes se dissout complètement, disparaît, et seules les gouttelettes graisseuses subsistent. Mais cela ne se produit qu'au moment où certaines modifications apparaissent déjà dans le protoplasme. Ces modifications sont les suivantes :

Le chloroforme a tout d'abord pour effet d'accélérer pour peu de temps les mouvements protoplasmiques; cette accélération est en rapport avec une certaine liquéfaction du protoplasme et une diminution de sa viscosité. Ce stade peut être considéré comme un stade *d'excitation*, suivi bientôt par un stade de *dépression*. Le mouvement protoplasmique se ralentit, devient moins régulier, plus saccadé; il cesse complètement en certains endroits, pour reprendre ensuite. Les trabécules protoplasmiques qui traversent la vacuole centrale se renflent, par places, en boules ou en amas protoplasmiques irréguliers; ils se déchirent ensuite et sont rétractés, soit vers la couche protoplasmique adhérente à la paroi cellulaire, soit vers le noyau. Enfin, les mouvements protoplasmiques s'arrêtent complètement; cet arrêt est lié à une augmentation de la viscosité du protoplasme, comme nous le montre l'arrêt, au sein de sa masse, du mouvement brownien des minuscules gouttelettes et granulations. De nombreuses et très petites vacuoles apparaissent ensuite dans le protoplasme; celui-ci devient bientôt trouble, puis montre une structure spumeuse, très finement et très délicatement granulaire; on y voit apparaître en même temps de nombreuses gouttelettes de graisse qu'on n'y voyait pas auparavant. Cette lipophanérose, de même que l'apparition des granulations plasmiques, sont la conséquence du dédoublement des lipoprotéides du protoplasme et de l'altération de l'état colloïdal de leur constituant protéique. La perméabilité du plasma pour les colorants (bleu de méthylène, rouge neutre) *diminue* à ce moment.

Une action plus prolongée du chloroforme rend les modifications du protoplasma *irréversibles;* nous sommes alors en présence de l'action nettement toxique du chloroforme sur la cellule, de la nécrobiose et, enfin, de la mort de la cellule. Le protoplasme se coagule graduellement; en même temps, sa perméabilité pour les colorants *augmente.*

En ce qui concerne le noyau, les premières modifications structurales apparentes y surviennent un peu plus tard que dans le protoplasme. On voit d'abord les contours du nucléole, ensuite ceux du noyau s'accentuer. Le noyau devient ensuite trouble, finement et délicatement granulaire; ce caractère y apparaît en même temps ou un peu plus tard que dans le protoplasme. Une altération plus profonde du noyau survient ensuite : son contenu devient irrégulier, lobé, échancré, etc.; quelquefois, on voit le

noyau se ratatiner (pycnose) en même temps que, en raison du phénomène de la coagulation, il forme intérieurement des grumeaux grossiers.

Il ressort ainsi des observations faites *in vivo* que la partie de la cellule la plus sensible à l'action du chloroforme est son *chondriome*; plus tard, on constate des modifications au sein du *protoplasme* et, bientôt après, au sein du *noyau*. Le caractère général des modifications produites par le chloroforme dans la substance vivante est tout à fait analogue à celui des modifications provoquées par les rayons X, déjà décrites par Nadson et Rochlin-Gleichgewicht [1]. Ces modifications se rapprochent d'autre part étroitement de celles que montre la cellule lors de son vieillissement et de sa mort naturelle.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des huiles d'animaux marins. Recherches sur l'huile de Calmar* (Todarus sagittatus *Lk.*). Note de MM. **Émile André** et **Henri Canal**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons [2] émis l'hypothèse que les caractères chimiques qui distinguent si nettement les huiles de cachalot des autres graisses proviennent peut-être des corps gras contenus dans les Céphalopodes géants dont se nourrit ce grand Cétodonte. La vérification de cette hypothèse serait possible à condition que le contenu stomacal des Cachalots capturés par les baleiniers soit recueilli et conservé pour l'analyse. Ces matières premières étant difficiles à se procurer, nous avons pensé que l'étude des graisses contenues dans le corps des Céphalopodes de petite taille que l'on rencontre sur notre littoral permettrait, dans une certaine mesure, de tourner la difficulté, et nous avons commencé nos recherches par le Calmar (*Todarus sagittatus* Lk.), Décapode fréquemment vendu sur les marchés de Paris, se rapprochant par certains caractères des grands Mollusques (*Lepidotheutis Grimaldii* Joubin), dont les débris ont déjà été trouvés dans l'estomac d'un Cachalot.

Environ 2^{kg} de Calmars frais (8 animaux) ont été disséqués, et les diverses parties du corps groupées en trois fractions : tête et tentacules ($0^{kg},820$), sac viscéral et nageoire ($0^{kg},750$), viscères et glandes génitales ($0^{kg},325$). Nous avons trouvé dans l'estomac de ces Calmars une bouillie huileuse rose. Les têtes et tentacules passées au hachoir mécanique ont fourni une pulpe qui a été additionnée d'un peu d'alcool et

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 249.
(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 497.

séchée à basse température (40°); le résidu sec a été épuisé par de l'éther dans l'appareil de Soxhlet. Les sacs viscéraux et nageoires ont été traités exactement de même; quant aux viscères et glandes génitales, on les a fait bouillir avec de l'eau. Une certaine quantité de graisse est venue surnager le bouillon, on l'a enlevée entièrement par agitation du liquide avec de l'éther, le résidu de cuisson, séché et broyé, a été à son tour épuisé par l'éther, et la graisse qu'on en a retirée a été réunie à la première. Les têtes et tentacules ont fourni 1 pour 100 de leur poids de graisse; les sacs viscéraux et nageoires, 1,25 pour 100; les viscères et glandes génitales, 10 pour 100. Ces quantités étant rapportées aux organes frais. Les principaux caractères des graisses extraites sont consignés dans le tableau suivant :

Graisse de :	Densité.	Indice d'iode (Hanus).	Indice de saponification.	Acides gras p. 100.	Insaponifiable p. 100.	Recherche de la glycérine.	Indice d'acétyle (E. André).
Têtes et tentacules....	0,983	144,5	135,7	76,6	21,6	positive	»
Sac viscéraux et nageoires..........	1,008	153,9	141,9	75,0	25,0	id.	94,2
Viscères et glandes génitales............	0,929	173,6	163,4	88,0	8,0	id.	28,7

L'examen des matières insaponifiables nous a permis de reconnaître qu'elles sont exclusivement constituées par de la cholestérine, que nous avons caractérisée par son point de fusion, par celui de son acétate, par son pouvoir rotatoire et par ses réactions colorées. Nous n'avons pu déceler la présence d'aucun autre alcool ni d'aucun carbure d'hydrogène.

Les principaux caractères des acides gras sont les suivants :

Acides gras de :	Indice de saponification.	Indice d'iode (Hanus).	Poids moléculaire moyen.
Têtes et tentacules...............	190,3	205,2	294,0
Sacs viscéraux et nageoires........	187,5	180,7	298,0
Viscères et organes génitaux.......	188,3	175,4	297,0

En soumettant ces acides gras à la méthode de séparation imaginée par Tsujimoto et modifiée par Toyama [1], nous avons constaté qu'ils contiennent des acides fortement non saturés du groupe clupanodonique. Cette méthode est basée sur la plus grande solubilité des savons sodiques des acides possédant un nombre élevé de liaisons éthyléniques, elle nous a permis de retirer 14 pour 100 d'acides fortement non saturés (indice d'iode dépassant 250) de la graisse de têtes et tentacules.

Les conclusions que nous croyons pouvoir tirer de cette étude sont les

---

[1] *Chemische Umschau*, 32, 1925, p. 204.

suivantes : Le calmar n'accumule pas de graisses de réserve dans son organisme, tout au contraire il transforme en substance musculaire celles qu'il trouve dans ses aliments (contenu stomacal). Les muscles qui constituent la majeure partie de son corps, et grâce auxquels il possède une mobilité extraordinaire, ne contiennent que fort peu de graisses, celles-ci sont constituées par des glycérides associés à une proportion élevée de cholestérides (graisses protoplasmiques). Les alcools aliphatiques, saturés ou non, n'existent pas dans la graisse de Calmar.

En raisonnant par analogie entre les petits Céphalopodes et leurs congénères de grande taille, nous croyons pouvoir inférer que le Cachalot imprime lui-même aux graisses de réserve et de protection dont son organisme est remarquablement riche les caractères particuliers qui les distinguent si nettement des autres corps gras.

ZOOLOGIE. — *Le problème des cleptocnides. Les nématocystes de* Hermæa bifida *Mont.* (*Nudibr.*). Note de M. **Robert Weill**, présentée par M. F. Mesnil.

Les Nudibranches possédant des nématocystes forment jusqu'ici un groupe homogène aux points de vue éthologique, anatomique et systématique. 1° Ils sont tous carnivores, prédateurs, s'attaquant particulièrement aux Cœlentérés; 2° ils montrent tous une différenciation des extrémités de leurs papilles en sacs cnidophores; 3° ils appartiennent tous au groupe des Éolidiens.

Il était naturel de supposer une relation entre ces trois faits. Le régime carnassier spécial de ces Nudibranches a été invoqué comme une des preuves de l'origine alimentaire de leurs nématocystes; de la présence d'un *organe* spécial, en rapport avec l'existence des nématocystes, on a déduit une *fonction*, une utilité de ces derniers; enfin l'existence de nématocystes chez les seuls Éolidiens devait faire attribuer à ce groupe des caractères physiologiques très particuliers, aboutissant à une incapacité de la digestion des capsules urticantes et à un tropisme extrêmement spécialisé des cellules cnidophages. C'est en réalité cette différenciation anatomique, parallèle à l'existence de propriétés physiologiques particulières, qui semblait devoir rendre le problème des nématocystes d'Éolidiens si différent de celui des cleptocnides d'autres animaux (Protistes, Éponges, Turbellariés, etc.). Or les observations suivantes montrent, en élargissant le problème des clep-

tocnides en général, qu'il existe des intermédiaires entre ses différentes modalités.

J'ai trouvé des nématocystes chez *Hermæa bifida* Mont., forme où ils n'ont pas encore été signalés, et où leur présence prend une importance particulière pour les raisons suivantes : 1° Les *Hermæa* sont données par tous les auteurs (Hecht 1896, Giard 1899, etc.) comme exclusivement phytophages, l'espèce *Hermæa bifida* se nourrissant surtout d'une Floridée, *Griffithsia setacea* Ag., dont elle présente d'ailleurs la coloration. C'est aussi sur cette Algue que j'ai trouvé les cinq individus que j'ai étudiés. 2° Les *Hermæa* ne possèdent pas de sacs cnidophores à l'extrémité de leurs papilles. C'est néanmoins uniquement dans les papilles que j'ai trouvé chez deux individus de nombreux nématocystes, d'apparence intacts, disséminés dans le canal hépatique axial et dans l'épaisseur même du parenchyme hépatique; tous de même type, ils étaient identiques à ceux des aconties des *Sagartia*. Aucun corps étranger ne se trouvait dans les papilles. 3° Les *Hermæidæ* appartiennent à une famille systématiquement assez éloignée des *Eolididæ;* elles font partie des Élysiens, alors que les seconds constituent une des familles composant le groupe des Éolidiens (Pelseneer 1894).

La présence de nématocystes chez un animal prétendu exclusivement phytophage peut trouver deux explications : ou les nématocystes ne sont pas d'origine alimentaire, ou le régime phytophage n'est pas aussi exclusif qu'il est dit. Seule la deuxième interprétation me semble admissible; l'origine externe, alimentaire, des nématocystes des Éolidiens est déduite d'un ensemble extrêmement cohérent d'expériences et d'observations maintes fois répétées et vérifiées, et qui ne laissent prise à aucun doute. On trouve d'autre part très fréquemment des nématocystes isolés d'Actinies accolés aux différents animaux et végétaux qui les entourent, et c'est à la présence accidentelle d'aconties de *Sagartia* sur une *Griffithsia* que me semble devoir être rapportée l'existence des mêmes nématocystes chez un Nudibranche se nourrissant de cette algue. L'hypothèse d'une autogénèse serait d'ailleurs incompatible avec l'absence totale de nématocystes chez certains individus.

Mes observations montrent que, même chez un Nudibranche normalement phytophage, il peut exister l'incapacité de la digestion des nématocystes et un tropisme particulier de cellules cnidophages analogue à celui que l'on avait constaté chez les Éolidiens carnassiers, et il est maintenant à rechercher jusqu'à quel groupe, à partir des Éolidiens, se retrouveront ces particularités qui leur paraissaient propres. On voit qu'elles n'impliquent pas nécessairement la différenciation anatomique d'un organe spécial (sac

cnidophore); à ce point de vue, le cas de *Hermæa bifida* constitue un intermédiaire entre celui des Turbellariés, où les cleptocnides sont disséminés dans tout l'épiderme, et celui des Éolidiens, où leur localisation se fait de façon très précise dans les sacs cnidophores. Il est intéressant de constater que, chez *Hermæa bifida*, les nématocystes n'arrivent pas au contact du milieu extérieur et que déjà, pour cette raison, une fonction paraît impossible à leur assigner.

Quelle que soit la signification de la physiologie particulière que présentent certains animaux à l'égard des nématocystes, mes observations montrent qu'il n'existe pas nécessairement un rapport entre elle d'une part, l'éthologie, l'anatomie, et la systématique de l'autre. Le problème des cleptocnides ne peut donc pas être résolu par la seule étude des formes qui en possèdent.

BIOLOGIE. — *Variations de quelques formes d'azote dans une culture pure d'infusoires.* Note de M. **André Lwoff** et Mlle **Nadia Roukhelman**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait que *Glaucoma piriformis* (Cilié holotriche) peut se développer en culture pure dans des milieux où il se nourrit de substances dissoutes [1] : solution de peptone de Witte ou autolysat de levure de boulangerie.

Aux dépens de quels éléments l'Infusoire effectue-t-il sa croissance et quels sont ses produits d'excrétion ? Telles sont les questions que nous abordons dans cette Note.

Nous avons suivi dans nos milieux de culture (milieux chauffés deux fois à 120° pendant 20 minutes) les variations de l'azote total, de l'azote précipitable par l'acide phosphotungstique, de l'azote aminé et de l'azote ammoniacal + azote amide. Nous avons employé la méthode de Kjeldahl pour l'azote des matières protéiques non dégradées, la méthode de Sörensen pour les acides aminés et la distillation en présence de magnésie pour l'ammoniaque et l'azote amide.

L'azote total du milieu, ou bien reste constant, ou bien diminue légèrement par suite, probablement, de dégagement d'ammoniaque.

L'azote peptone diminue dès le début de la culture sous l'influence d'une

---

(1) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 928; *C. R. Soc. Biol.*, **91**, 1924, p. 344; **93**, 1925, p. 1272 et 1421.

trypsine que les infusoires laissent diffuser dans le milieu. Cette trypsine peut être mise directement en évidence par culture en tubes de gélatine-bouillon qui sont liquifiés. Remarquons que cette diffusion de trypsine n'est pas un fait général chez les Protozoaires : *Polytoma uvella* (Flagellé) ne liquéfie pas la gélatine (constatation inédite).

La digestion extracellulaire se traduit dans le milieu par la diminution de l'azote peptone et par l'augmentation de l'azote aminé qui passe par exemple de 190^{mg} par litre au 1er jour à 221 au 15e jour. Cette augmentation est masquée en partie par l'absorption des acides aminés par les Infusoires, qui apparaît nettement du 15e au 25e jour. A ce moment le chiffre des acides aminés est de 135^{mg}. Du 25e au 35e jour, le chiffre des acides aminés augmente par suite de l'autolyse des cadavres d'Infusoires et atteint 192^{mg}. La grande majorité des ciliés sont morts au 35e jour.

Si l'on emploie un milieu abiurétique (levure entièrement autolysée), il y a utilisation immédiate des acides aminés du milieu dont le chiffre décroît jusqu'au 20e jour pour remonter ensuite au moment de l'autolyse. Le chiffre de l'azote ammoniaque+amide croît régulièrement pendant la durée du développement des ciliés.

Culture en ballons de 200^{cm^3} en eau de levure abiurétique.

	Azote en milligrammes par litre.				
	Témoin.	Cult. 10 j.	Cult. 17 j.	Cult. 26 j.	Cult. 34 j.
Azote aminé.............	277	210	196	234	262
Azote ammoniaque+amide.	84	105	154	199	170

Dans certains cas enfin, le chiffre des acides aminés reste sensiblement constant et la nutrition semble s'effectuer en grande partie aux dépens des peptones ou des produits de digestion des peptones (polypeptides non précipitables par l'acide phosphotungstique et non titrables au formol, dont la quantité diminue dans le milieu pendant la culture).

La place nous manque pour donner ici les résultats détaillés de nos dosages. Nous indiquerons toutefois que nous n'avons jamais trouvé d'urée dans les cultures et que l'urée introduite dans le milieu de culture se retrouve intégralement (dosages par le xanthydrol).

Les Infusoires n'éliminent pas d'acide urique.

La mort des Infusoires qui se produit dans les ballons de 200^{cm^3} entre le 20e et le 40e jour de la culture n'est pas due à l'absence de matériaux nutritifs. Elle se produit aussi dans les milieux renfermant des excès considé-

rables de matériaux alimentaires. Elle est causée par l'accumulation dans le milieu de substances nocives provenant du métabolisme des infusoires. Nous n'avons pu encore déterminer la nature de ces substances.

On voit donc qu'au point de vue des transformations chimiques du milieu et plus spécialement au point de vue de l'excrétion d'azote sous forme d'ammoniaque et d'amides, *Glaucoma piriformis* et peut-être tous les Infusoires se rapprochent des Bactéries.

Cette constatation n'a pas seulement un intérêt théorique Elle pourra, si les faits trouvés pour la peptone de Witte ou l'autolysat de levure s'appliquent aux autres substances protéiques, permettre de se rendre compte du rôle des Infusoires dans le sol. Jusqu'à maintenant, on n'a effectué dans le sol que des numérations des Protozoaires et l'on ne possède aucun renseignement au point de vue de leur action chimique. Nos recherches nous portent à croire que les Protozoaires du type physiologique *Glaucoma* se comportent dans le sol comme les Bactéries ammonisantes.

BIOLOGIE. — *Triploïdie et Parthénogenèse chez l'Isopode*, Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius *Racovitza*. Note (1) de M. **A. Vandel**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai signalé, dans deux Notes précédentes (2), l'existence, chez l'Isopode, *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza, de deux races différant par leur mode de reproduction; tandis que l'une se reproduit par la voie sexuée ordinaire, l'autre se multiplie exclusivement par parthénogenèse. Les femelles de ces deux races ne se distinguent par aucun caractère anatomique, mais l'étude de leurs chromosomes révèle, surtout pendant la phase de maturation, des différences capitales.

1. *Femelle sexuée*. — La première division de maturation montre *huit* chromosomes hétérotypiques très nets (*fig*. I); la figure de division mesure 20$^{\mu}$ environ, et la durée de la mitose est de 7-8 heures. Elle aboutit à la formation d'un premier globule polaire (G). L'intercinèse (*fig*. II) est très courte et le noyau ne se reconstitue pas; elle correspond exactement au moment où l'œuf traverse l'oviducte pour tomber dans la cavité incubatrice. La seconde division ne dure que 2 heures. Elle mesure 15$^{\mu}$ environ. Elle est équationnelle (*fig*. III) et aboutit à la formation d'un

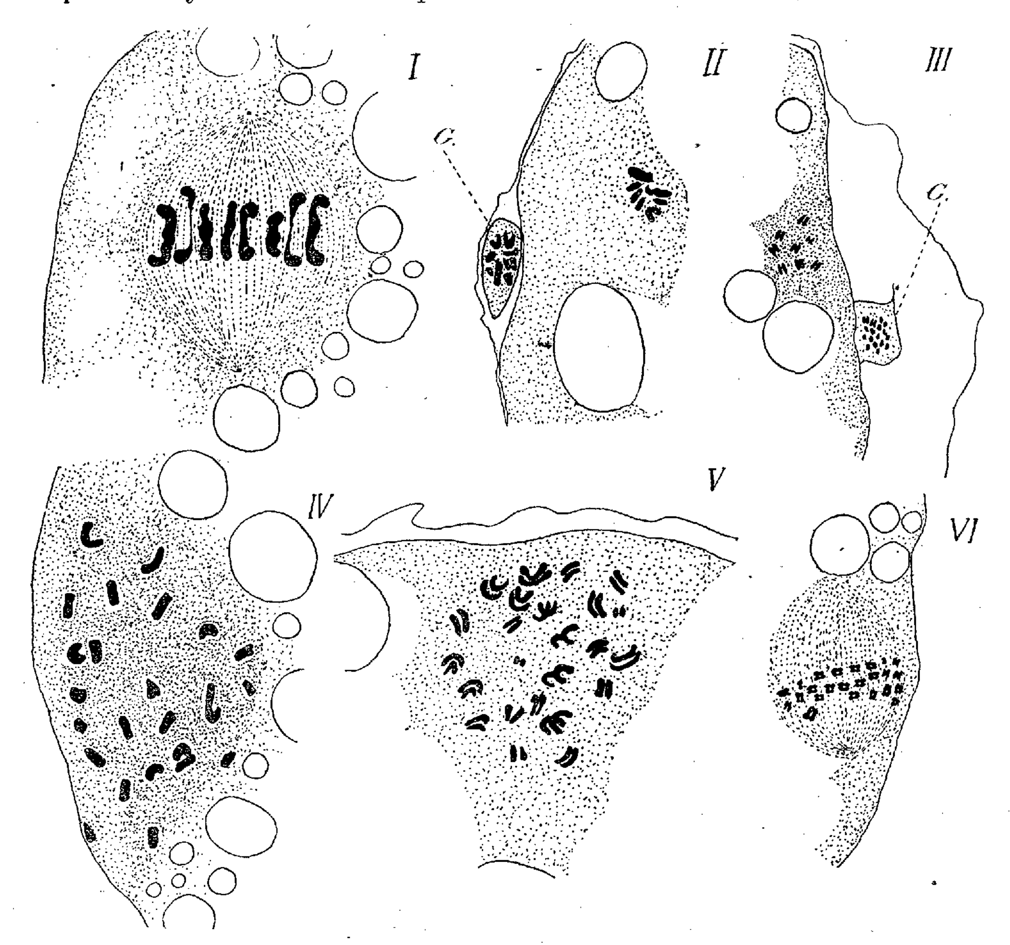
---

(1) Séance du 5 juillet 1926.

(2) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 793-795, et **182**, 1926, p. 1655.

second globule polaire. Le nombre haploïde contenu dans le pronucléus femelle est huit.

2. *Mâle.* — Les spermatogonies se divisent avec seize chromosomes et les spermatocytes avec huit; la première division est hétérotypique.



3. *Femelle parthénogénétique.* — L'œuf subit *une seule* division de maturation. *Vingt-quatre* chromosomes apparaissent (*fig.* IV) pour former une figure non orientée qui persiste pendant très longtemps; elle mesure 20-30$^{\mu}$. Ultérieurement, les chromosomes se divisent longitudinalement (*fig.* V), puis, après avoir pris un faux aspect de tétrades, ils se disposent sur une plaque équatoriale mesurant 15$^{\mu}$ (*fig.* VI; les dimensions de cette mitose ont été trop réduites sur le dessin). Le nombre initial de chromosomes (24) reste inchangé pendant cette division qui est équationnelle. Cette division dure aussi longtemps que l'ensemble des deux mitoses réductionnelles de l'œuf sexué.

Le nombre de chromosomes dans les cellules somatiques des femelles sexuées et des mâles est *seize;* celui des femelles parthénogénétiques, *vingt-quatre*. Ces dernières sont donc des formes *triploïdes*. L'apparition de cette forme parthénogénétique triploïde est une mutation qui est due très probablement à la fécondation d'un œuf accidentellement non réduit par un spermatozoïde normal. Mais, contrairement aux formes triploïdes connues jusqu'ici, celle-ci est stable, par suite de la substitution d'une division équationnelle aux divisions de réduction normales. C'est l'absence de réduction qui entraîne également le développement parthénogénétique de l'œuf et son évolution constante en femelle, puisque la constitution génétique reste inchangée. L'existence de formes parthénogénétiques polyploïdes a été plusieurs fois signalée. Je crois que ces différents cas peuvent être réunis pour constituer un nouveau type de parthénogenèse: la *parthénogenèse géographique* ou *polyploïde* (dans laquelle rentrent les cas que j'ai décrits sous le nom de *Spanandrie géographique*). Elle se distingue des autres cas de parthénogenèse naturelle — qui rentrent, pour la plupart, dans les deux grands types de la parthénogenèse facultative ou haploïde (Hyménoptères, Rotifères, *Aleurodidæ*, quelques Thysanoptères et Acariens) et de la parthénogenèse saisonnière ou diploïde (Cladocères, Pucerons, etc.) — par l'existence de deux races occupant des aires géographiques distinctes, l'une à reproduction sexuée, l'autre à multiplication parthénogénétique. La forme parthénogénétique est presque toujours, dans ce cas, une mutation irréversible *polyploïde :* soit *triploïde : Trichoniscus*, Ostracodes (16 chromosomes dans les formes sexuées et 24 dans les formes parthénogénétiques, d'après W. Schleip, 1909), Phasmides (?); soit *tétraploïde: Artemia* (C. Artom, 1911, 1920), *Solenobia* (J. Seiler, 1923), *Chara crinita* (A. Ernst, 1917), *Marsilia Drummondii* (Strasburger, 1907) et beaucoup d'autres plantes apogames; soit *hexaploïde : Daphnia* à œufs éphippiaux pseudo-sexuels (F. Schrader, 1925) et quelques plantes (*Wikstroemia, Burmannia*).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les pertes d'azote provoquées par les Bactéries du sol en cultures pures*. Note de MM. **M. Lemoigne** et **P.-L. Dopter**, présentée par M. Roux.

Les nombreuses recherches faites sur la décomposition microbienne des matières azotées ont souvent mis en évidence un déficit d'azote. Dans le cas des eaux d'égout, les travaux de Müntz et Lainé ont établi que cette

déperdition est due à la dénitrification. Cette explication a été généralisée par la plupart des agronomes.

Cependant divers auteurs, établissant le bilan azoté de cultures microbiennes pures, ont constaté des déficits évidents qui ne peuvent être attribués à la dénitrification [Blanchetière avec le bacille fluorescent, Terroine, S. Trautmann, R. Bonnet et R. Jacquot avec l'*Aspergillus orhizæ* (1)-(2)].

Nous avons entrepris l'an dernier l'étude systématique de cette question. Un intéressant travail de Berdnikow, récemment paru (3), nous incite à publier les premiers résultats obtenus.

Tous nos dosages ont été faits avec la méthode de Kjeldhal.

Dehérain avait constaté qu'un bouillon de légumine, ensemencé avec du purin, perd de l'azote. Il avait isolé de ce milieu deux Microbes qu'il considérait comme les agents spécifiques de ce phénomène (4).

Nous avons repris cette expérience et avons toujours observé un déficit important (57 pour 100 après 1 mois, 78 pour 100 après 2 mois). Mais contrairement à Dehérain nous avons isolé, non pas deux Microbes spécifiques, mais une série d'espèces banales, Bacilles, Coccus, Actinomyces, qui se sont montrées capables de déterminer des pertes d'azote en cultures pures. Nous avons alors repris ces essais avec de nombreux organismes isolés du fumier et du sol. Nous avons obtenu les mêmes résultats.

Les pertes observées sont faibles ou intenses, mais toujours l'allure du phénomène est identique. Nous donnerons les résultats obtenus avec deux coccus N — 4 et N — 6.

Dans ces essais, les cultures ont été effectuées à 30° dans les ballons Kjeldhal mêmes qui servent à l'attaque acide et à la distillation. Les erreurs dues aux transvasements et au manque d'homogénéité des cultures sont ainsi éliminées. Les ballons communiquent avec l'air par deux tubes remplis de ponce sulfurique. Le tube extérieur retient l'ammoniaque de l'air, le tube voisin du ballon fixe l'ammoniaque de la culture. Son contenu est versé dans la fiole Kjeldhal au moment de l'attaque. Les résultats sont exprimés en grammes d'azote par litre.

	N — 4.			N — 6.		
Jours.	N total.	N perdu.	N perdu p. 100 de N primitif.	N total.	N perdu.	N perdu p. 100 de N primitif.
Au début	0,368	"	"	0,368	"	"
17	0,360	0,008	2,2	0,364	0,004	1,1
30	0,344	0,024	6,53	0,328	0,040	10,88
60	0,300	0,068	18,5	0,256	0,112	30,46

(1) *Bulletin de la Soc. de Chimie biologique*, 2, 1920, p. 29.
(2) *Bulletin de la Soc. de Chimie biologique*, 7, 1925, p. 351.
(3) *Soc. de Biologie*, 95, 1926, p. 278.
(4) DEHÉRAIN, *Traité de Chimie agricole*, 2e édition, p. 782.

Au début, pendant le développement du microbe, on ne constate aucune perte, mais par la suite, quand la culture ne progresse plus et souvent même s'autolyse, on observe un déficit qui augmente rapidement.

Le microbe N — 4 a été cultivé en boîtes de Roux et, après quatre jours, dilué dans de l'eau stérile. Cette dilution homogénéisée a été répartie, sans contamination, dans des ballons Kjeldhal stérilisés (25^{cm^3} par ballon). On a obtenu les résultats suivants :

Jours.	N total pour 25^{cm^3}.	N perdu.	N perdu pour 100 de N primitif.
	g	g	
Au début	0,0184	//	//
3	0,0180	0,0004	2,17
7	0,0174	0,0010	5,43
15	0,0150	0,0034	18,48
30	0,0098	0,0086	46,73

Dans ces conditions d'autolyse, le déficit d'azote est beaucoup plus rapidement important. Ce fait est attribuable à la nature des matières azotées alors décomposées.

Conclusions. — De nombreux Microbes, que l'on trouve normalement dans le sol et dans les fumiers, sont capables de provoquer, en cultures pures, une perte d'azote. Cette perte s'effectue quand leur premier développement est terminé.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence d'un indice de phosphore nucléique des tissus.* Note (¹) de MM. **M. Javillier** et **H. Allaire**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Parmi les principes immédiats phosphorés, les nucléoprotéides suscitent un intérêt particulier, car ce sont les constituants essentiels des noyaux cellulaires. Déterminer quelle est la teneur d'un tissu en « phosphore nucléique » présente par suite une grande importance. Attachés à des recherches sur les bilans phosphorés des tissus, nous nous sommes efforcés d'atteindre à une détermination quantitative de leur phosphore nucléique et nous avons publié une méthode qui répond à ce but (²).

Après en avoir éprouvé la valeur, et aussi les difficultés, par l'analyse de poudres d'organes — ce qui nous a fourni l'occasion d'énoncer un nouveau principe d'essai des poudres organothérapiques (³) et (⁴) — nous

(¹) Séance du 5 juillet 1926.
(²) *Bulletin de la Soc. de Chim. biologique,* **7**, 1925, p. 486.
(³) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 8e série, **1**, 1925, p. 513.
(⁴) *Bulletin des Sciences Pharmacologiques*, **32**, 1925, p. 641.

l'avons appliquée à des organes stabilisés par l'alcool bouillant dans des conditions telles qu'on ne puisse soupçonner la moindre altération des composés nucléiques.

Notre méthode permet dès lors d'apprécier réellement le taux de phosphore nucléique des tissus vivants, de donner une expression aussi précise que possible de la masse nucléaire des tissus. Elle permet par suite d'établir entre ceux-ci des comparaisons à ce point de vue particulier et fondamental et de rechercher s'il existe, pour chacun d'eux, un chiffre de phosphore nucléique qui soit quelque chose de caractéristique, un indice analogue à ce qu'est l'indice de phosphore lipoïdique, ou plutôt lipidique, de A. Mayer et G. Schaeffer (¹).

L'expérience nous a effectivement montré qu'il existe un indice de phosphore nucléique des tissus, c'est-à-dire que chaque tissu, dans une espèce donnée, présente une certaine teneur en phosphore nucléique, caractéristique de ce tissu.

Voici quelques-uns des chiffres trouvés en analysant les organes d'un jeune cheval :

		P nucléique en milligrammes pour 100g		Proportion de P nucléique, la plus élevée étant exprimée par 100.	
Organes.	Eau pour 100.	d'organes frais.	d'organes secs.	Organes frais.	Organes secs.
Thymus	80,80	249	1296	100	100
Pancréas	78	141,5	643	56,8	49,6
Rate	76,35	92,3	390	37,1	30,0
Foie	72,80	55,6	204	22,3	15,7
Thyroïde	73,40	36,9	139	14,8	10,7
Rein	80,15	33,6	169	13,5	13
Cœur	79,20	12,8	61	5,1	4,7
Cerveau	83,70	12,3	75	4,9	5,8
Muscle	75,65	6,1	25	2,45	1,9
Moelle épinière	68,95	6,1	20	2,45	1,5

Les teneurs en phosphore nucléique des organes analysés s'étendent de $6^{mg},1$ (moelle épinière) à 249^{mg} (thymus) pour 100^{g} de matière vivante; de 20^{mg} (moelle épinière) à 1296^{mg} (thymus) pour 100^{g} d'organes secs. Dans l'intervalle se place, pour les divers organes, une série de valeurs très différentes les unes des autres et vraiment caractéristiques de ces organes.

Les indices de phosphore nucléique présentent, à nos yeux, une valeur profonde ; ils traduisent des différences fondamentales entre tissus au point

(¹) *Journal de Physiologie et Pathologie générale*, 15, 1913, p. 773.

de vue chimique et correspondent à des valeurs distinctes des rapports de masse entre le noyau et le cytoplasme.

Il ne faudrait pas conclure de cet énoncé que l'indice de phosphore nucléique d'un tissu représente une grandeur invariable. Même si on limite l'examen à une espèce animale donnée, il est aisé de prévoir, et nous l'avons déjà pour une part constaté, que les indices de phosphore nucléique varient dans de certaines limites, étroites pour des organes sains d'animaux de même âge, en bon état physiologique, plus lâches si quelque circonstance intervient (âge, alimentation, maladie, etc.), qui différencie les uns des autres les individus comparés.

Les variations individuelles rendent désirable l'établissement d'indices qui soient des moyennes de chiffres trouvés dans l'examen des organes d'un grand nombre d'individus. A cet égard, les chiffres que nous avons antérieurement déterminés avec des poudres, préparées chacune avec un grand nombre d'organes et dans des conditions excluant l'altération sensible de la matière première, apportent des indications utiles et qui se trouvent en bon accord avec les précédentes. Chez le cheval, les indices de phosphore nucléique sont d'environ : 1300 pour le thymus, 650 pour le pancréas, 380 pour la rate, 200 pour le foie, etc., avec des différences en plus ou en moins dont nous commençons à discerner les facteurs. Ces indices ne sont pas valables seulement pour une espèce animale donnée, mais, avec une certaine élasticité, pour des espèces différentes, si celles-ci se trouvent assez voisines dans l'échelle zoologique. Nous étudions les facteurs de variations des indices de phosphore nucléique chez une même espèce et la valeur des indices chez des espèces proches ou lointaines.

A $15^{h}55^{m}$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^{h}10^{m}$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUILLET 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Karpinsky**, président de l'Académie des Sciences de Leningrad, à M. **Lewinson-Lessing**, membre de la même Académie, à M. **Piot Bey**, membre de l'Institut d'Égypte, qui assistent à la séance.

M. **A. Lacroix** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire qu'il vient de publier sous le titre : *L'Eucrite de Béréba (Haute-Volta) et les météorites feldspathiques en général.*

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Loi de distribution des orages magnétiques terrestres, et loi correspondante de répartition des régions actives du Soleil.* Note de M. **H. Deslandres**.

Dans une Note du 31 mai dernier [1], j'ai annoncé une loi simple de distribution dans le temps des orages magnétiques terrestres; et comme ces orages sont dus à un rayonnement corpusculaire émané du Soleil, il en résulte aussi une loi simple de distribution dans le Soleil des régions qui émettent un fort rayonnement corpusculaire.

Tout se passe comme si le Soleil offrait sous la surface trois couches successives qui rejettent au dehors leurs particules électrisées, avec une intensité d'autant plus grande qu'elles sont plus profondes. Les points d'émission ont paru d'abord irréguliers, parce qu'ils sont, ainsi que nos

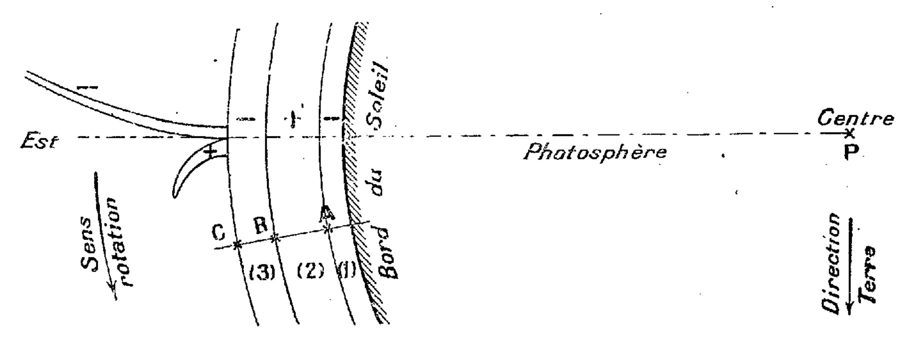
---

[1] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1301.

volcans, tantôt actifs, tantôt inactifs; mais, quand on y regarde de près, leur distribution est régie par des règles simples. Ils sont jalonnés dans les trois couches par six méridiens solaires équidistants, séparés par 60° en longitude. De plus les méridiens intermédiaires, à intervalles de 30°, dans les couches moyenne et supérieure, et les méridiens à intervalles de 15° dans la couche supérieure, ont aussi la propriété de rejeter des particules. Les trois couches sont ainsi, à partir de la plus basse, respectivement 6, 12 et 24 points d'émission.

Le grand tableau annexé à la Note du 31 mai montre dans quelle mesure cette structure schématique et rigide est réalisée. Il y a des écarts par

Coupe du Soleil suivant un plan perpendiculaire à l'axe de rotation projeté en P.



Cette coupe montre les couches successives de l'atmosphère avec le signe de leur charge électrique et aussi les protubérances à particules positives, les jets coronaux à particules négatives qui sont représentés sortant de l'atmosphère supérieure, mais qui en réalité émanent de couches plus basses. On a augmenté à dessein les épaisseurs des couches pour les rendre plus visibles.

rapport à la loi précédente, variables d'un groupe d'orages à un autre; et ces écarts peuvent tenir à des causes spéciales qui interviennent. Je reproduis ci-dessous une figure insérée dans les *Comptes rendus* du 6 octobre 1913, qui montre deux jets solaires de particules, courbés par le champ magnétique solaire extérieur, très faible (10^{-7} gauss en moyenne dans la région des protubérances). Le jet le plus long, à particules négatives, est celui qui produit nos aurores boréales; or, il est courbé en sens inverse de la rotation du Soleil; et l'on voit immédiatement qu'il atteint la Terre, lorsque son poids d'émission dans le Soleil a dépassé le méridien central de l'astre. Le retard qui, d'après l'observation, est de 45 heures en moyenne, est bien expliqué par le champ de 10^{-7} gauss; il varie d'ailleurs avec la vitesse des particules et le champ. Si l'on se reporte à la formule classique $\frac{mv}{e} = H\rho$ (m, v et e étant la masse, la vitesse et la charge élec-

trique de la particule, H et ρ le champ magnétique et le rayon de courbure), le rayon de courbure ρ augmente avec la vitesse v ou avec des particules plus rapides, et le jet corpusculaire arrive à la Terre avec un retard moindre par rapport au passage de la région active du Soleil au méridien central.

On explique ainsi facilement l'anomalie signalée par Chree, qui a étudié surtout les orages magnétiques séparés par des intervalles de une ou plusieurs rotations entières R. L'intervalle entre le premier orage qui est le plus fort et le suivant est en général supérieur à R et même à 28 jours.

L'interprétation des phénomènes ici présentée est donc intéressante; mais il faut surtout retenir le fait expérimental, non discutable, qui est exactement le suivant :

Les intervalles entre les perturbations sont des multiples de 60°, 30° et 15°, l'écart avec les longitudes théoriques étant le même pour un groupe de perturbations, mais variable d'un groupe à un autre. A l'appui, je présente ci-dessous les orages S (à début brusque) de 1882-1883, rapprochés autrement que dans la Note du 31 mai. Les longitudes sont celles de Maunder et, comme dans la Note précédente, les nombres des orages S sont en chiffres gras (1).

Perturbations magnétiques.

Dates et particularités.	Longitude du centre du Soleil.	Différence avec 93°.	Différence avec 51°,2.
1882. Avril **16.98** G. S...	93°	0	
20.15 G. S...	51.2		0
Juin **15.13** M. S...	30.9	+62°1	
Août **4.65** A. S...	82		— 30°8
Sept. **12.12** A. S...	293.9		−242.7
Oct. **2.40** G. S....	26.3		+ 24.9
Nov. **16.35** M. S...	153.5	−60.5	
17.43 G. S...	139.2		— 88
1882. Nov. **25.68** A. S...	30°4	+ 62°6	
1883. Fév. **24.57** V. S...	273.4	−180.4	
Avril **3.37** V. S...	135		— 82°8
Juill. **8.62** M. S...	302.3	−209.3	
11.72 M. S...	261.4		−210.2
29.99 V. S...	19.9		+ 31.3
1882. Oct. 5.75 A.....	342.1	−249.1	
1883. Fév. 1.75 A.....	213.9	−120.7	

Les orages forment deux groupes : le premier avec des intervalles de 60°, le second avec des intervalles de 30°; mais les orages du deuxième groupe n'occupent pas exactement le milieu des intervalles du premier; ils arrivent à la Terre avec un léger retard, explicable par une vitesse moindre des particules ; et cette supposition est naturelle, puisqu'ils émanent de la couche moyenne à intervalles de 30°, alors que les autres, à intervalles de 60°, doivent se rattacher à la couche basse. D'autre part le tableau précé-

(1) MAUNDER, *Monthly Notices*, 65, 1905, p. 5.

dent des orages S offre seulement quatre longitudes sur les six de la couche basse; j'ai ajouté deux orages ordinaires, non S, qui peuvent combler la lacune. Pour décider, il faudrait avoir sous les yeux les courbes des appareils enregistreurs.

Cependant la loi apparaît plus nettement peut-être lorsque l'on considère aussi les petits écarts de la déclinaison, de 2′ à 15′ d'arc, qui surviennent dans les périodes de calme. On a une petite pointe isolée dont la longitude est déterminée avec certitude; les périodes d'agitation continue avec pointes rapprochées multiples sont écartées. Le tableau suivant présente tous les écarts de la déclinaison, grands et petits, ainsi relevés en minutes d'arc du 4 décembre 1925 au 1er mars 1926 (1):

Dates.		Écart de la décli-naison.	Longitude du centre du Soleil.	Différences avec 328°, 8.	Différences théoriques.
1925. Déc.	4.79....	2	343°.5	— 14.7	15
	5.89....	10	328.8	0.00	0
	7.10....	3	312.9	+ 15.9	15
	8.29....	3	297.2	+ 31.6	30
	10.71....	4	265	+ 63.8	60
	15.89....	9	197.1	+131.7	135
	18.71....	5	159.9	+168.9	165
	24.57....	5	82.8	+246	240
	27.83....	11	39.8	+289	285
	28.33....	**18**	**33.2**	**+295.6**	**300**
	29.71....	3	14.8	+314.0	315
	31.83....	4	347.1	— 18.3	15
1926. Janv.	2.08....	4	330.8	— 2	0
	4.25....	7	302.1	+ 26.7	30
	6.54....	2	271.9	+ 46.9	45
	7,66....	6	257.2	+ 71.6	75
	8.79....	3	242.3	+ 86.5	90
	10.92....	5	214.3	+114.5	120
1926. Janv.	13.0	5	186°.9	+141.9	135
	13.87....	**15**	**175.3**	**+153.5**	**150**
	14.96....	10	161.1	+167.7	165
	16.10....	5	146	+182.8	180
	19 00....	11	107.9	+220.9	225
	20.83....	2	83.7	+245.1	240
	22.79....	8	57.9	+270.9	270
	26.69....	**20**	**6 6**	**— 37.8**	**30**
	27.08....	28	1.5	— 32.7	30
Fév.	1.92....	15	271.5	+157.3	150
	11.87....	12	153.5	+175.3	175
	15.50....	8	101.7	+227.1	225
	23.75....	**13**	**357.1**	**— 28.3**	**30**
	24.62....	22	345.5	— 16.7	15
	26.05....	3	326.8	+ 2	0
	27.37....	4	309.3	+ 19.5	15
Mars	1.83....	9	277	+151.8	150

On y distingue les trois couches, admises ci-dessus, à intervalles de 60°, 30° et 15°. Les orages du 26 janvier et du 23 février, qui sont les plus forts, doivent provenir de la couche basse; même celui du 26 janvier, de tous le plus intense et de beaucoup, nous arrive avec une avance notable, due vraisemblablement à la vitesse plus grande de ses particules. Enfin les points d'émission de la couche basse sont aussi points d'émission pour les deux

(1) Ces écarts de la déclinaison par rapport à la position moyenne, relevés sur les feuilles de Meudon, sont seulement relatifs; car notre magnétographe, organisé pour être surtout avertisseur, a été placé tout près du grand spectrohéliographe et est voisin de pièces de fer.

autres; ils doivent lancer des particules de vitesses différentes, qui atteignent la Terre successivement; d'où l'agitation, prolongée pendant plusieurs heures ou même plusieurs jours, qui suit les grands orages.

II. Le rayonnement corpusculaire du Soleil a été jusqu'ici négligé; les belles recherches récentes sur l'équilibre radiatif à l'intérieur des étoiles font intervenir seulement le rayonnement ondulatoire; mais le rayonnement corpusculaire a une importance au moins égale, d'autant que les deux rayonnements se substituent l'un à l'autre incessamment; mais le rayonnement corpusculaire, moins pénétrant, est rejeté au dehors en quantité moindre. Si, pour une cause quelconque, l'obstacle des couches supérieures vient à diminuer, comme par exemple là où se trouve une tache, le rayonnement augmente (¹).

A ce sujet, je rappelle une propriété remarquable des particules électrisées; lorsqu'elles ont traversé une certaine quantité de matière (Wilson, Rutherford), elles prennent une trajectoire hélicoïdale, et donnent naissance à un petit champ magnétique. D'où peut-être l'origine des champs magnétiques élevés reconnus au Mont Wilson sur plusieurs points du disque solaire; les régions de forte émission corpusculaire seraient aussi celles qui ont un fort champ magnétique.

Le rayonnement ondulatoire du Soleil est à peu près constant. Mais le rayonnement corpusculaire, par l'effet du refroidissement de l'astre, a des variations notables et périodiques, qu'il impose ensuite aux couches et dépendances extérieures du Soleil. Il est ainsi lié étroitement au grand phénomène de la période solaire undécennale, et son action apparaît aussi très importante dans les autres étoiles, dans les comètes et nébuleuses.

ASTRONOMIE. — *Sur un moyen d'améliorer les coordonnées lunaires déduites des occultations d'étoiles*. Note de M. G. Bigourdan.

Beaucoup d'occultations d'étoiles par la Lune s'observent facilement à $0^s,2$ près; et comme, en moyenne, le mouvement de la Lune en longitude est de $0'',5$ en une seconde de temps, ces occultations devraient donner la longitude lunaire avec une approximation de $0'',1$ qu'on est loin d'atteindre ordinairement.

La cause en est que, dans les calculs nécessaires pour conclure cette longi-

(¹) Voir une Note antérieure sur l'émission des rayons X, ultra X et corpusculaires par les corps célestes (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 511).

tude, on considère la Lune comme une sphère parfaite, dont le diamètre apparent varie uniquement avec la distance à l'observateur. Or cette condition n'est pas remplie, à cause des irrégularités du relief lunaire, qui produit, au point occultant, des aspérités variables avec les librations : la hauteur moyenne de ces aspérités dépasse souvent 1″, et il en résulte parfois des phénomènes singuliers, comme des doubles disparitions ou réapparitions, vers les angles de position de 0° ou de 180° du bord lunaire.

Il résulte de là que pour améliorer les longitudes lunaires déduites des occultations, il suffirait de connaître la forme et la hauteur des aspérités, au point occultant, ce qui permettrait de ramener les heures observées à celles correspondant au diamètre moyen adopté dans les calculs; ensuite on corrigerait au besoin ce diamètre par l'ensemble des occultations considérées.

Mais le profil lunaire n'est pas susceptible d'une définition permettant de le calculer pour un instant donné; il change d'ailleurs, nous l'avons rappelé, avec les diverses librations, de sorte qu'il faudrait le déterminer expérimentalement. Pour cela on pourrait avoir recours à un globe lunaire en relief, que l'on regarderait à distance, après lui avoir donné la position correspondant aux librations bien connues du moment considéré. D'ailleurs il suffirait évidemment que ce globe figurât le relief de la zone d'environ 10° de large voisine du contour et dont les points peuvent se trouver sur le bord du disque pour un observateur placé sur la Terre.

On a construit de ces globules lunaires en relief; mais en général ils ne paraissent pas être assez fidèles pour répondre à notre but. Fort heureusement, aujourd'hui des photographies, obtenues à des moments choisis, avec des instruments de grande distance focale, pourraient faire connaître ce relief avec la précision nécessaire. Même certaines applications récentes du principe stéréoscopique (permettant de tracer d'une manière continue les courbes de niveau d'un terrain) pourraient aider à réaliser ce relief, sinon même à résoudre, en première approximation, le problème dont il s'agit.

Ce relief étant supposé réalisé, il est facile de voir quels en seraient les grands avantages :

Avec des lunettes même assez petites on pourrait multiplier partout les observations utiles d'occultations, parce que partout on peut facilement connaître l'heure exacte; et l'on obtiendrait ainsi rapidement de nombreuses positions lunaires très précises. Même on pourrait améliorer les observations du passé lorsque l'heure locale en est exactement connue; et l'on sait que cela remonte à plus de 250 ans.

Rappelons d'ailleurs que la Lune est toujours l'astre rebelle à nos théories et celui qui met le mieux nos hypothèses à l'épreuve. Avec les positions précises obtenues comme il vient d'être dit, on pourrait déterminer empiriquement des inégalités qui, dans l'avenir comme il est arrivé dans le passé, nous mettraient sans doute sur la trace de découvertes importantes.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Titre de l'air atmosphérique en krypton et en xénon.* Note [1] de MM. **Charles Moureu** et **Adolphe Lepape**.

1. Peu après avoir découvert le krypton et le xénon dans les résidus d'évaporation de l'air liquide [2], W. Ramsay et M. M. Travers essayèrent de déterminer les proportions de ces deux nouveaux gaz constitutifs de notre atmosphère en les séparant, aussi complètement que possible, d'un volume connu d'air liquide (une trentaine de litres). Cette estimation qui, d'après les auteurs eux-mêmes, ne pouvait représenter qu'une approximation grossière, conduisit aux résultats suivants pour le titre, en volumes, du krypton et du xénon dans l'air [3],

$$Kr : 1 \times 10^{-6}, \quad Xe : 5 \times 10^{-8}.$$

Une nouvelle détermination, suivant la même méthode, a été effectuée par W. Ramsay, en 1903. Il traita une masse d'air de $191^{kg},1$ dans une machine à air liquide de Hampson et en isola finalement $7^{cm^3},5$ de krypton et $0^{cm^3},87$ de xénon. Ces volumes correspondent, pour l'air traité, aux proportions [4] :

$$Kr : 5 \times 10^{-8}; \quad Xe : 5,9 \times 10^{-9}$$

très inférieures aux précédentes [5].

---

(1) Séance du 12 juillet 1926.

(2) W. Ramsay et M. Travers, *Proc. Roy. Soc.*, A, 63, 1898, p. 405; *Comptes rendus*, 126, 1898, p. 1610.

(3) M. Travers, *Study of Gases* (Macmillan, Londres, 1901), p. 116; W. Ramsay, *Proc. Roy. Soc.*, A, 71, 1903, p. 426.

(4) W. Ramsay, *Proc. Roy Soc.*, A, 71, 1903, p. 426; 80, 1908, p. 599.

A la page 234 de la traduction allemande de l'Ouvrage de M. Travers, traduction parue en 1905, M. Rabinowitsch, dans une Note historique récente (*Zeit. ang. Chem.*, 39, 1926, p. 737, note 5), signale un désaccord dû, en fait, au traducteur allemand, qui a utilisé incorrectement le résultat du dosage du xénon de 1903.

(5) Ce sont encore ces proportions que W. Ramsay et G. Rudorf citent dans leur grand Ouvrage sur les gaz rares publié en 1918 (*Handbuch der allgemeinen Chemie*, Band II, *Die Edelgase*, Leipzig, 1918).

2. On se rend compte que ces déterminations ne peuvent être qu'entachées d'une erreur par défaut, dont il est impossible d'évaluer même l'ordre de grandeur. En vue d'obtenir des résultats plus corrects, nous avons appliqué à l'air atmosphérique la méthode spectrophotométrique de dosage du krypton et du xénon indiquée antérieurement ([1]). Ne mettant en œuvre que de très petits volumes d'argon brut (1^{cm^3} suffit), dont elle n'exige qu'un fractionnement très peu poussé, cette méthode est incomparablement plus rapide et plus précise que le procédé plus direct, mais fort laborieux, de W. Ramsay.

Un volume connu d'argon brut de l'air (1 à 2^{cm^3}) est soumis à l'absorption fractionnée par le charbon de noix de coco ($0^g,25$) refroidi à une température convenable dans un appareil à circulation analogue à ceux que nous utilisons dans nos études sur les gaz rares ([2]). Après élimination de la majeure partie du gaz libre (les $\frac{9}{10}$ environ du volume total de l'argon brut employé), on réchauffe le tube à charbon et l'on mesure le volume des gaz dégagés. Puis on dose le krypton ou le xénon dans ce mélange gazeux suivant la méthode spectrophotométrique que nous avons fait connaître ([3]).

Pour le dosage du krypton, la température de fractionnement qui nous a paru le plus commode est $-79°$ (acétone saturée de neige carbonique). Ainsi qu'on le verra dans le tableau suivant, un seul fractionnement à cette température paraît suffisant pour séparer pratiquement la totalité du krypton ; la présence du xénon n'a aucune influence. Mais dans le cas du dosage du xénon, si le volume d'argon brut est supérieur à 1^{cm^3}, le spectre du krypton gêne l'appréciation de l'intensité lumineuse de la raie bleu indigo du xénon. Il convient alors de procéder d'abord au dosage du xénon, en fractionnant une ou deux fois l'argon brut vers $-40°$: tout le xénon et une partie seulement du krypton se trouvent ainsi fixés par le charbon ; puis, pour le dosage du krypton, on ajoutera au gaz ainsi obtenu celui fourni par un nouveau fractionnement à $-79°$.

Voici les données relatives à celles de nos expériences réalisées dans les meilleures conditions sur l'argon brut de l'air (mélange global des cinq gaz rares extrait de l'air atmosphérique) :

([1]) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 691; 153, 1911, p. 740; 174, 1922, p. 908.

([2]) Ch. Moureu, *Journ. Chim. phys.*, 11, 1913, p. 63.

([3]) Ch. Moureu et A. Lepape, *loc. cit.*

Dosage du krypton dans l'argon brut de l'air.

Volume d'argon brut de l'air utilisé (en mm³).	Titre en volumes de Kr		Conditions opératoires.
	dans le gaz fixé par le charbon.	dans l'argon brut de l'air.	
833,5	$1,17 \times 10^{-3}$	$0,88 \times 10^{-4}$	1 fract. à — 79°
1865.......	0,7	1,00	1 »
»	3,2	1,07	2 »
»	1,15	1,03	3 »
1379.......	1,05	1,15	1 »
934.......	1,6	1,09	2 »
»	0,9	1,11	1 »
»	3,3	1,04	1 »
2105.......	1,3	1,10	2 fr. à — 40° et 1 à — 79°
2115.......	1,65	1,10	3 fract. à — 40°

Dosage du xénon dans l'argon brut de l'air.

Volume d'argon brut de l'air utilisé (en mm³).	Titre en volumes de Xe		Conditions opératoires.
	dans le gaz fixé par le charbon.	dans l'argon brut de l'air.	
1200............	$3,5 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-5}$	1 fract. à — 79°
1160............	10	1,0	1 » à — 23
1914............	8	0,8	1 » à — 40
2000............	5	1,15	2 » à — 40
2458............	4,5	1,10	2 » à — 40

3. De l'ensemble de nos expériences résultent les valeurs moyennes suivantes pour la concentration ou titre, en volumes, du krypton et du xénon dans l'argon brut de l'air :

Argon brut de l'air.	Krypton.	Xénon.
Titre en volumes..................	$1,1 \times 10^{-4}$	9×10^{-6}

Sachant que le titre de l'argon brut est, dans l'air, de $9,34 \times 10^{-3}$, on obtient pour l'air lui-même :

Air atmosphérique.	Krypton.	Xénon.
Titre en volumes..................	$1,0 \times 10^{-6}$	9×10^{-8}

Ces nouvelles déterminations permettent de fixer ainsi la composition centésimale de l'air en ce qui concerne les gaz rares qu'il renferme :

Gaz rares de l'air.	Proportions dans 100 parties d'air en poids.	Proportions dans 100 parties d'air en volumes.
Argon	1,29	0,9323
Néon	0,0012	0,0018
Hélium	0,00007	0,0005
Krypton	0,0003	0,0001
Xénon	0,00004	0,000009

Tant pour le krypton que pour le xénon, les nombres que nous avons obtenus sont environ vingt fois plus grands que ceux admis définitivement par W. Ramsay, à la suite de ses expériences de 1903; ils s'identifient pratiquement à ceux indiqués dès 1900 par Ramsay et M. Travers (¹).

4. Afin de déterminer l'erreur que comporte notre méthode de dosage, nous avons traité, comme l'argon brut de l'air, des solutions titrées d'argon-krypton et d'argon-xénon de composition analogue. Mais, par suite d'un accident grave survenu à notre appareil, puis des circonstances qui ont suivi, nous n'avons pu réaliser qu'un très petit nombre de mesures (²). Le titre trouvé est toujours inférieur (13 pour 100, en moyenne, pour le krypton, et 25 pour 100, pour le xénon, au titre réel du mélange synthétique préparé). L'irrégularité des résultats et le signe de l'écart trouvé s'accordent mal avec la série des expériences sur l'argon de l'air. Dans ces expériences, les résultats aberrants sont très rares et les valeurs obtenues ne s'écartent pas, en général, de plus de 10 pour 100 de la moyenne; nous ne saurions cependant affirmer que cet écart représente l'erreur réelle de nos déterminations.

(¹) L'importance de la différence entre nos résultats et ceux de Ramsay ne saurait surprendre, à cause de l'extrême difficulté que comporte la séparation du krypton et du xénon de l'air liquide. Le fractionnement par évaporation ou distillation ne s'opère qu'au prix de pertes importantes, que l'un de nous a déterminées et qu'i fera connaître dans la suite. Dans la préparation de krypton et de xénon que W. Ramsay et M. R. B. Moore ont effectuée, à partir de 120 tonnes d'air (*Proc. Roy. Soc.*, A, **81**, 1908, p. 195), le rendement est de 0,3 pour 100 du rendement théorique pour Kr et 3 pour 100 du rendement théorique pour Xe. Dans une récente séparation du xénon provenant de 439 tonnes d'air, M. Aston a obtenu un rendement de 2 pour 100 (*Proc. Roy. Soc.*, A, **103**, 1923, p. 462).

(²) Les expériences qui font l'objet de la présente Note ont été exécutées en 1921 et 1922. Une publication sommaire des résultats a été faite au cours d'une conférence donnée à la Société chimique de Londres, le 14 juin 1923 (Ch. Moureu, *Journ. of the Chem. Soc.*, **123**, 1923, p. 1905).

5. Par sa belle méthode des spectres de rayons positifs, M. Aston a examiné récemment les résidus lourds du fractionnement de 500^{cm^3} de xénon de l'air, et il n'a pu y découvrir l'indice de la présence d'autres gaz rares stables. Se basant sur le titre de l'air en xénon indiqué par Ramsay, M. Aston conclut qu'il n'existe pas de gaz rare plus lourd que le xénon dans l'air en proportions supérieures à 1 partie dans 10^{15} et probablement à 1 partie dans 2×10^{16} (1). D'après nos dosages du xénon dans l'air, ces nombres doivent être corrigés et ramenés à 2 parties dans 10^{14} et 1 partie dans 10^{15}.

PHYSIOLOGIE. — *Effets protecteurs du chloralose sur l'anesthésie chloroformique.* Note (2) de MM. **Charles Richet** et **P. Lassablière.**

Dans une Note précédente (3), nous avons montré que l'injection intraveineuse d'une solution saline hypertonique empêche l'intoxication des ganglions du cœur, et par conséquent la syncope cardiaque, chez les chiens auxquels on fait respirer du chloroforme à dose anesthésiante.

L'ingestion préalable *per os* du chloralose à dose assez faible ($0^g,05$ par kilogramme) a des effets analogues.

Nous avions d'abord supposé que le chloralose agit en facilitant l'anesthésie chloroformique, comme on le sait pour la morphine, depuis les expériences classiques de Claude Bernard. Mais les faits ont été tout autres que nos prévisions, ainsi qu'il arrive si souvent.

Pendant les deux heures qui suivent l'ingestion du chloralose, les chiens sont devenus beaucoup moins sensibles au chloroforme et n'entrent en résolution complète qu'après de fortes doses de chloroforme.

Quant au cœur, il est devenu, comme après une injection saline, réfractaire à la syncope.

Tout se passe comme si, par le poison chloralose, les ganglions du cœur, renforcés dans leur tonicité, ne pouvaient plus être empoisonnés par le chloroforme. D'ailleurs l'un de nous avait prouvé il y a longtemps qu'un poison, ayant à faible dose produit une légère intoxication cellulaire, rend les cellules moins sensibles à l'action d'un autre poison.

---

(1) F. W. Aston, *Proc. Roy. Soc.*, A, **103**, 1923, p. 462.
(2) Séance du 12 juillet 1926.
(3) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1502.

Tout à fait comme après une injection saline, chez les chiens chloralosés la durée de l'inhalation chloroformique nécessaire à la résolution complète est plus longue que chez les chiens normaux. Sur 9 chiens chloralosés, il a fallu en moyenne 8 minutes pour la résolution complète, tandis qu'il n'a fallu que 3 minutes 30 secondes en moyenne, chez les chiens normaux.

Sur 10 chiens témoins, normaux, il y a eu 5 morts par syncope cardiaque. Il n'y a eu aucune mort chez les chiens chloralosés.

Ces faits comportent peut être quelque application pratique; cependant l'ingestion de $0^g,05$ (par kilogramme) de chloralose est beaucoup trop forte chez l'homme. Il semble qu'une dose totale de $0^g,50$ ne doive pas être dépassée, l'homme étant plus sensible que le chien au chloralose. Il faut aussi que le chloralose soit bien pur; car souvent le chloralose du commerce contient du parachloralose, assez toxique.

Après une dose (inoffensive) de $0^g,50$ de chloralose pur ingéré en cachets, nous croyons que les inhalations chloroformiques ne provoqueraient plus de syncope cardiaque.

Mais, nous le répétons, il n'est pas permis de conclure du chien à l'homme, et il conviendrait aux chirurgiens de voir si la résistance plus grande à l'anesthésie générale compenserait la résistance plus grande à la syncope cardiaque.

M. P. APPELL (1), en présentant à l'Académie un volume intitulé : *Fonctions hypergéométriques et hypersphériques; polynomes d'Hermite*, dont il est l'auteur en collaboration avec M. KAMPÉ DE FÉRIET, professeur à l'Université de Lille, s'exprime comme il suit :

L'Ouvrage, déjà ancien, de H. E. Heine (1878), intitulé : *Handbuch der Kugelfunktionen*, expose les propriétés principales et les applications des polynomes de Legendre ou de Jacobi, des fonctions de Laplace, et de leurs dégénérescences, ainsi que les rapports de ces fonctions avec le potentiel et la fonction hypergéométrique de Gauss.

Il nous a semblé, à M. Kampé de Fériet et à moi, que le moment était venu de publier un Ouvrage analogue sur les fonctions sphériques de deux ou de plusieurs variables, notamment sur les polynomes d'Hermite, et sur les rapports de ces fonctions avec les potentiels dans l'espace à plus de trois dimensions et avec les fonctions hypergéométriques de plusieurs variables.

---

(1) Séance du 7 juillet 1926.

L'Ouvrage est divisé en trois parties : dans la première, on trouvera l'exposé des résultats relatifs aux fonctions hypergéométriques de deux ou plusieurs variables, dus à l'un de nous, puis à MM. E. Picard et E. Goursat; dans la deuxième, est développée l'étude des fonctions hypersphériques; dans la troisième, sont étudiés des polynomes à une et à plusieurs variables dont la définition est également due à Hermite et qui sont un cas limite des polynomes précédents.

Six Notes complètent l'Ouvrage; elles sont relatives : 1° aux polynômes $V_n^{(s)}(x)$; 2° à une application de la fonction $F_4(\alpha, \beta, \gamma, \gamma', x, y)$ à certains développements de Mécanique céleste; 3° aux résultats de M. Horn relatifs au domaine de convergence des séries hypergéométriques les plus générales à deux variables; 4° aux travaux récents sur la résolution des équations algébriques par des séries hypergéométriques générales; 5° à l'application des polynomes d'Hermite aux quadratures mécaniques des fonctions à plusieurs variables; 6° aux généralisations des fonctions hypersphériques dues à M. Pierre Humbert.

Nous adressons tous nos remercîments à l'Imprimerie Gauthier-Villars, dont l'éloge n'est plus à faire.

NOMINATIONS.

M. **Ch. Depéret** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument qui sera élevé à la mémoire de *G. Gouy*, le 2 août, à Vals-les-Bains.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le volume V, années 1917-1918-1919-1920-1921-1922, deuxième partie des *Tables annuelles des Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie*, publiées sous le patronage de l'Union de Chimie pure et appliquée.

2° André Lamouche. *Le principe de simplicité dans les sciences mathématiques et dans les sciences physiques.* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réduction des aomaines par une substitution à m variables complexes et l'existence d'un seul point invariant.* Note de M. **Rolin Wawre**, présentée par M. Hadamard.

Le *lemme* suivant nous sera nécessaire : Si $u = \varphi(z_1, \ldots, z_m)$ est une fonction holomorphe, non identiquement nulle, dans le voisinage de l'origine O de l'espace $E(z_1, \ldots, z_m)$, telle que $o = \varphi(o, \ldots, o)$, le voisinage du point $u = o$, dans le plan des u est recouvert une fois au moins lorsque le point z décrit le voisinage de O.

La propriété est vraie si l'une des fonctions

$$\varphi(z_1, o, \ldots, o), \quad \varphi(\gamma_1, z_2, o, \ldots, o), \quad \ldots, \quad \varphi(\gamma_1, \ldots, \gamma_{m-1}, z_m)$$

n'est pas identiquement nulle en la variable z, les γ étant convenablement choisis, sans quoi $\varphi(\gamma_1, \ldots, \gamma_m) \equiv o$, ce qui est contraire à l'hypothèse.

Soit V_0 *un volume, frontière comprise, de l'espace* E, *tout entier à distance finie, renvoyé à son intérieur par une substitution*

$$z^{(1)} = \Psi(z), \qquad z_i^{(1)} = \psi_i(z_1, \ldots, z_m) \qquad (i = 1, \ldots, m),$$

les fonctions ψ_i *étant holomorphes dans* V_0; *alors, il n'existe qu'un point invariant à l'intérieur de* V_0.

Soit en $V_1, V_2, \ldots$ les conséquents de V_0; ils sont tous fermés. La relation $V_0 > V_1$ entraîne $V_0 > V_1 > V_2 > \ldots$. Soit V_ω l'ensemble des points communs à tous les V. V_ω est fermé. Tout point de V_ω possède un antécédent par Ψ dans V_ω. V_ω se change en lui-même par Ψ.

Soit $z_i^{(n)} = \psi_i^{(n)}(z_1, \ldots, z_m)$ la substitution itérée d'ordre n : des fonctions $\psi_i^{(n)}$ sont holomorphes dans V_0 et bornées en module par un même nombre. Elles forment *m suites normales* dans V_0.

On peut donc extraire m suites $\psi_i^{(\lambda)}$ qui convergent uniformément dans V_1 vers m fonctions $\varphi_i(z_1, \ldots, z_m)$ holomorphes dans V_0. Soit Φ cette substitution limite : Φ *transforme* V_0 en V_ω. Tout point p de V_ω possède au moins un antécédent par Φ dans V_ω; en effet, il en est ainsi des $\Psi^{(\lambda)}$. Soient $p^{(-\lambda)}$ une suite d'antécédents, $p^{(-l)}$ une suite extraite qui converge vers un point p_{-1}, ce dernier appartient à V_ω comme tous les $p^{(-\lambda)}$, on a $\Psi^{(l)}[p^{(-l)}] = p$ et à la limite $\Phi(p_{-1}) = p$. Φ *transforme* V_ω *en* V'_ω. Soit R_1 l'ensemble que décrit z_1 dans son plan lorsque le point $z_1, \ldots, z_m$ décrit V_ω, R_1 est fermé. Soient a_1 un point de la frontière de R_1, A un point de V_ω pour lequel $z_1 = a_1$.

A possède un antécédent A_{-1}, par Φ dans V_ω. Mais A_{-1} est *point intérieur* de V_0.

Supposons l'origine en A_{-1}, la fonction $u - a_1 = \varphi_1(z_1, \ldots, z_m)$, $0 = \varphi(0, \ldots, 0)$ est telle que le voisinage de A_{-1} recouvrirait le voisinage de a_1 dans le plan z_1, en vertu du *lemme* ci-dessus, de sorte que a_1 étant point frontière de R_1, la fonction φ_1 se réduit à zéro. On raisonnerait de la même manière à propos de $\varphi_2, \ldots, \varphi_m$. La substitution Φ se réduit donc à m constantes et le domaine V_ω à un seul point. Ce dernier est invariant et c'est le seul dans V_0, car tout autre appartiendrait à V_ω.

Critérium de la rapidité de la réduction des ensembles V_n. — Supposons le point invariant à l'origine de E, des $\psi_i^{(n)}$ convergent uniformément vers zéro dans V_1 et l'ensemble V_N, pour N assez grand, est tout entier intérieur à un domaine cylindrique $|z_i| < \rho$, intérieur à V_0; le domaine cylindrique est renvoyé à son intérieur par $\Psi^{(N)}$. Nous avons donc $|z_i^{(N)}| < h\rho$, $h < 1$. Les fonctions

$$f_i(\lambda) = \frac{\psi_i^{(N)}(\lambda z_1, \ldots, \lambda z_m)}{\lambda}$$

sont holomorphes en λ, dans le cercle $|\lambda| \leqq 1$, lorsque $|z_i| < \rho$. Mais $|f_i(\lambda)| < h\rho$ pour $|\lambda| = 1$, de sorte que l'on a

$$|\psi^{(N)}(\lambda z_1, \ldots, \lambda z_m)| < h\rho\,|\lambda|;$$

or, si $|z_i| < h\rho$ et c'est le cas de $z_i^{(N)}$, on peut supposer $|\lambda| = h$; alors

$$|z_i^{(2N)}| < h^2\rho, \qquad |z_i^{(3N)}| < h^3\rho, \ldots, \qquad |z_i^n| < \frac{\theta^n}{h}\rho,$$

θ représentant la racine $N^{\text{ième}}$ arithmétique de h. On a donc

$$|z_i^{(n)}| < B\,\theta^n$$

pour n assez grand, $n > N$, B et θ représentant deux nombres positifs dont le second est inférieur à l'unité.

CALCUL FONCTIONNEL. — *Sur une classe de fonctionnelles analytiques.* Note de M. **Luigi Fantappiè**, présentée par M. Hadamard.

1. Nous voulons rechercher les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une fonctionnelle analytique $F[y(t)]$ soit exprimable par une fonction ordinaire de $y(t)$ (analytique) et de ses n premières dérivées, calculées

pour m valeurs données $t_1, t_2, \ldots, t_m$, c'est-à-dire

$$(1)\quad F[y(t)] = f[y(t_1), y'(t_1), \ldots, y^{(n)}(t_1), y(t_2), \ldots, y^{(n)}(t_2), \ldots, y(t_m), \ldots, y^{(n)}(t_m)].$$

Dans ce cas la fonctionnelle se présente sous une forme particulièrement simple qui permet de l'étudier par les moyens ordinaires de l'Analyse.

2. Je vais calculer la dérivée fonctionnelle $F'[y(t); \alpha]$ de la fonctionnelle $F'[y(t)]$ qui est définie par (1)

$$(2)\quad F'[y(t); \alpha] = \left\{ \frac{\partial}{\partial \varepsilon} F\left[y(t) + \frac{\varepsilon}{t - \alpha} \right] \right\}_{\varepsilon=0},$$

dans le cas où (1) est vérifiée. J'aurai

$$(3)\quad F'[y(t); \alpha] = -\sum_{0}^{n} \sum_{1}^{m}{}_{r} \frac{\partial f}{\partial y_r^{(s)}} \frac{s!}{(\alpha - t_r)^{s+1}},$$

où $y_r^{(0)} = y(t_r)$, $y_r^{(s)} = y^{(s)}(t_r)$. *Donc nécessairement, si* (1) *est satisfaite, la dérivée fonctionnelle* $F'[y(t); \alpha]$ *est toujours, quel que soit* $y(t)$, *une fonction rationnelle de* α *avec* m *pôles d'ordre* $n+1$ [*ou d'un ordre plus petit si les dérivées* $y^{(n)}(t_r)$ *ne figurent pas effectivement dans* f] *dans les* m *points* $t_1, t_2, \ldots, t_m$, *dont la position ne dépend pas de* $y(t)$.

3. Cette condition nécessaire est aussi suffisante pour que la fonctionnelle $F[y(t)]$ ait la forme (1). En effet nous pouvons développer cette fonctionnelle, dans le voisinage d'une fonction régulière $y_0(t)$, avec la série de M. Volterra généralisée (2)

$$(4)\quad F[y_0(t) + \varphi(t)] = F[y_0(t)] + \sum_{1}^{\infty}{}_{p} \frac{1}{p!} F^{(p)}[y_0(t); \overset{*}{\alpha}_1, \overset{*}{\alpha}_2, \ldots, \overset{*}{\alpha}_p]\, \varphi(\overset{*}{\alpha}_1)\, \varphi(\overset{*}{\alpha}_2) \ldots \varphi(\overset{*}{\alpha}_p)$$

où $F^{(n)}$ est la dérivée fonctionnelle $p^{\text{ième}}$ de la fonctionnelle F (fonction symétrique de $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$). Comme nous avons, par hypothèse,

$$F'[y(t); \alpha_1] = -\sum_{0}^{n}{}_{s} \sum_{1}^{m}{}_{r} \frac{s!\, a_{rs}}{(\alpha_1 - t_r)^{s+1}},$$

et que les pôles t_r sont fixes, seuls les a_{rs} pourront dépendre de $y(t)$. Nous

---

(1) L. FANTAPPIÈ. *La derivazione delle funzionali analitiche* (*Rend. R. Acc. dei Lincei*, 6e série, **1**, 1er semestre 1925, p. 509).

(2) L. FANTAPPIÈ, *I funzionali analitici non lineari* (*Rend. R. Acc. dei Lincei*, 6e série, **3**, 1er semestre 1926, p. 529).

aurons alors, pour la deuxième dérivée,

$$\mathrm{F}''[y(t);\,\alpha_1,\,\alpha_2] = \left\{ \frac{\partial}{\partial\varepsilon} \mathrm{F}' \left[y(t) + \frac{\varepsilon}{t-\alpha_r};\, \alpha_1 \right] \right\}_{\varepsilon=0}$$
$$= -\sum_{s}^{n}{}_{0} \sum_{r}^{m}{}_{1} \frac{s\,!}{(\alpha_1 - t_r)^{s+1}} \left(\frac{\partial}{\partial\varepsilon} a_{rs} \right)_{\varepsilon=0}.$$

Donc $\mathrm{F}''[y(t);\,\alpha_1,\,\alpha_2]$ est encore une fonction rationnelle de α_1 avec pôles aux mêmes points t_r, d'ordres non supérieurs à $n+1$; mais, comme elle est une fonction symétrique de α_1 et α_2, elle jouira aussi de la même propriété par rapport à α_2, c'est-à-dire

$$\mathrm{F}''[y_0(t);\,\alpha_1,\,\alpha_2] = \sum_{0}^{n}{}_{s_1 s_2} \sum_{1}^{m}{}_{r_1 r_2} \frac{s_1\,!\; s_2\,!\; a^{(2)}_{r_1 r_2, s_1 s_2}}{(\alpha_1 - t_{r_1})^{s_1+1} (\alpha_2 - t_{r_2})^{s_2+1}},$$

où $a^{(2)}_{r_1 r_2, s_1 s_2} = a^{(2)}_{r_2 r_1, s_2 s_1}$. En général, on aura pour la dérivée $p^{\text{ième}}$

$$\mathrm{F}^{(p)}[y_0(t);\,\alpha_1,\,\alpha_2,\,\ldots,\,\alpha_p] = \sum_{0}^{n}{}_{s_1 s_2 \ldots s_p} \sum_{1}^{m}{}_{r_1 r_2 \ldots r_p} \frac{(-1)^p\, s_1\,!\; s_2\,!\,\ldots\, s_p\,!\; a^{(p)}_{r_1 r_2 \ldots r_p, s_1 s_2 \ldots s_p}}{(\alpha_1 - t_{r_1})^{s_1+1} (\alpha_2 - t_{r_2})^{s_2+1} \ldots (\alpha_p - t_{r_p})^{s_p+1}}.$$

On aura donc

$$\mathrm{F}^{(p)}\left[y_0(t);\, \underset{*}{\alpha_1},\, \underset{*}{\alpha_2},\, \ldots\, \underset{*}{\alpha_p}\right] \varphi(\overset{*}{\alpha_1})\, \varphi(\overset{*}{\alpha_2}) \ldots \varphi(\overset{*}{\alpha_p}) = \sum_{0}^{n}{}_{s_i} \sum_{1}^{m}{}_{r_i} a^{(p)}_{r_1 r_2 \ldots r_p, s_1 s_2 \ldots s_p} \varphi^{(s_1)}_{r_1} \varphi^{(s_2)}_{r_2} \ldots \varphi^{(s_p)}_{r_p}.$$

où $\varphi^{(s)}_r = \varphi^{(s)}(t_r)$, et si $y(t) = y_0(t) + \varphi(t)$ est près de $y_0(t)$, le développement (4) nous donnera enfin

$$\mathrm{F}[y_0(t) + \varphi(t)] = g(\varphi^{(0)}_1,\, \varphi^{(1)}_1,\, \ldots,\, \varphi^{(n)}_1,\, \varphi^{(s)}_2,\, \ldots,\, \varphi^{(n)}_2,\, \ldots,\, \varphi^{(o)}_m,\, \ldots,\, \varphi^{(n)}_m)$$

d'où l'on obtient (1) à cause de $\varphi^{(s)}_r = y^{(s)}_r - y^{(s)}_{o,\,r}$.

4. En particulier, *afin qu'une fonctionnelle* $\varphi(z) = \mathrm{F}[y(t);\, z]$ *(qui à chaque fonction* $y(t)$ *fait correspondre une fonction* $\varphi(z)$*) soit une fonction déterminée de* z, $y(z)$ *et de ses dérivées jusqu'à l'ordre* n

$$\varphi(z) = f[z,\, y(z),\, y'(z),\, \ldots,\, y^{(n)}(z)]$$

il faut et il suffit que sa dérivée fonctionnelle $\mathrm{F}'[y(t);\,\alpha]$ *soit toujours, quel que soit* $y(t)$, *une fonction rationnelle de* α *avec un seul pôle d'ordre* $n+1$ *pour* $\alpha = z$.

RELATIVITÉ. — *Sur les ondes de discontinuité du second ordre dans un univers d'Einstein.* Note de M. **H. Mineur**, présentée par M. Hadamard.

1. Nous appelons univers d'Einstein un espace E à quatre dimensions qui vérifie les équations de la gravitation einsteinienne. Nous employons dans cette étude les méthodes de M. Cartan (*Ann. E. N. S.*, 1923-1924).

En tout événement M de E, nous définissons un système de référence $\vec{e}_0\ \vec{e}_1\ \vec{e}_2\ \vec{e}_3$: le vecteur $\overrightarrow{dM}$, qui représente un déplacement de cet événement, a pour expression :

$$\overrightarrow{dM} = \omega^0 \vec{e}_0 + \omega^1 \vec{e}_1 + \omega^2 \vec{e}_2 + \omega^3 \vec{e}_3,$$

et l'intervalle entre les extrémités de $\overrightarrow{dM}$ est

$$\overrightarrow{dM}^2 = (\omega^1)^2 + (\omega^2)^2 + (\omega^3)^2 - (\omega^0)^2;$$

soient $\omega_{ik} = \Sigma\gamma_{ikl}\omega^l$ les formes linéaires de différentielles telles que

$$\omega_{ik} + \omega_{ki} = 0 \quad (\omega_i)' = \sum_{k=0}^{3} \omega_{ki}\omega^k \qquad \text{et} \qquad \Omega^{ij} = (\omega^{ij})' - \sum_{l=0}^{3} \omega^{il}\omega_l^k;$$

la forme $\sum_{(i,j)} \Omega^{ij}\left[\vec{e}_i\ \vec{e}_j\right]$ définit la courbure de l'univers. On a les identités

$$\text{(I)} \qquad \sum_{i=0}^{3} \omega^i \Omega_i^k = 0.$$

Comme nous considérons un univers d'Einstein, la courbure vérifie les équations de gravitation

$$\text{(II)} \qquad \left(\sum_{(i,j)} \Omega^{ij}\left[M\vec{e}_i\vec{e}_j\right]\right)' = 0.$$

2. Nous nous proposons de trouver la forme des discontinuités du second ordre qui peuvent exister dans E. Soit S une surface à trois dimensions et

$$\Omega \equiv \sum_{i=0}^{3} \alpha_i \omega^i = 0$$

l'équation de son plan tangent, nous supposons que S sépare E en deux univers E_1 et E_2, dans lesquels les équations (I) et (II) sont vérifiées; lorsqu'on traverse S, les coefficients des formes ω^i sont continus ainsi que les γ_{ikl}, mais les $\frac{\partial\gamma_{ikl}}{\partial\omega^m}$ subissent une variation brusque que nous écrivons

$\left\{\frac{\partial \gamma_{ikl}}{\partial \omega^m}\right\}$. Les conditions de compatibilité cinématiques (HADAMARD, *Leçons sur la propagation des ondes*) s'écrivent

$$\left\{\frac{\partial \gamma_{ikl}}{\partial \omega^m}\right\} = \alpha_m \lambda_{ikl},$$

on en déduit

$$\left\{\sum_{(i,j)} \Omega^{ij}\left[\vec{e}_i \vec{e}_j\right]\right\} = \sum (\lambda_k^{ij}\alpha_l - \lambda_l^{ij}\alpha_k)[\omega^l \omega^k]\left[\vec{e}_i \vec{e}_j\right].$$

La discontinuité est absolue si les quantités

$$\lambda_k^{ij}\alpha_l - \lambda_l^{ij}\alpha_k$$

ne sont pas toutes nulles; dans le cas contraire, elle est apparente; elle peut disparaître par un choix convenable des systèmes de références $\vec{e}_i$.

3. En utilisant les conditions dynamiques (I) et (II), on trouve qu'une discontinuité absolue doit vérifier la condition

$$\alpha_0^2 - \alpha_1^2 - \alpha_2^2 - \alpha_3^2 = 0,$$

c'est-à-dire se propage avec la vitesse de la lumière. Ce point peut être établi plus rapidement en suivant une méthode due à M. Vessiot (*Comptes rendus*, 1918); car, si l'on suppose que l'équation du plan tangent à S est $\omega^1 = 0$, on aboutit à une impossibilité.

4. La résolution du système qui définit $\lambda_{ij.k}$ montre que la variation du bivecteur de courbure peut être ramenée par un changement du système de référence à la forme

$$\left\{\sum_{(i,j)} \Omega^{ij}\left[\vec{e}_i \vec{e}_j\right]\right\} = g\,\Omega\,\vec{E}\left[\omega^2 \vec{e}_2 - \omega^3 \vec{e}_3\right],$$

g est un coefficient et $\vec{E}$ désigne un vecteur tangent au rayon gravifique. On peut interpréter géométriquement l'opération qui consiste à passer du bivecteur $\Sigma\left[\omega^i \omega^j\right]\left[\vec{e}_i \vec{e}_j\right]$ au bivecteur $\left\{\Sigma\Omega^{ij}\left[\vec{e}_i \vec{e}_j\right]\right\}$. Des considérations géométriques nous conduisent à regarder cette discontinuité comme transversale.

5. Dans un univers à symétrie sphérique, on ne peut trouver d'onde du second ordre qui conserve la symétrie de l'univers; ce résultat peut être établi directement. Si l'on cherche un ds^2 à symétrie sphérique où les g_{ik} dépendent de t, on ne trouve que le ds^2 de Schwarzschild; par exemple, le ds^2 extérieur d'une sphère pulsante est le même que si cette sphère est au repos.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la limite du régime laminaire et du régime turbulent, révélée par l'apparition de tourbillons alternés nets.* Note [1] de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Brillouin.

La formule empirique que j'ai proposée [2], pour la fréquence des tourbillons alternés dans les liquides, représente au mieux l'ensemble de mes mesures effectuées avec quatre liquides de viscosités très différentes; il est évident que cette formule ne peut être extrapolée qu'avec prudence en dehors des limites de variations que j'ai publiées, et j'ai déjà dit pourquoi. Elle donne toutefois une indication intéressante sur la limite du régime turbulent : il ne pourrait y avoir de tourbillons pour des valeurs de la vitesse V inférieures à 166ν, ou, ce qui revient au même, pour des valeurs du paramètre R de Reynolds inférieures à 166 D, puisque, pour cette valeur de R, la formule donnerait une fréquence nulle.

Appelons *limite extrapolée* de R cette valeur R_0, et comparons-la, pour chacune des épaisseurs D des lames que j'ai employées, à la plus faible des valeurs expérimentales de R relatives aux courses ayant fourni soit un bon cliché, soit un bon film de cinéma, avec des tourbillons alternés nets.

Valeurs approx. de D.	Limite extrapolée R_0.	Valeurs minima de R.
cm		
0,1	17	67
0,2	33	74
0,4	66	141
0,8	133	253

Il est bien entendu que, mon travail n'ayant pas eu pour but principal la détermination des vitesses limites du régime laminaire, chacune des valeurs minima utilisées n'est pas nécessairement la plus faible valeur de R susceptible de donner des tourbillons : en fait, elles sont très supérieures aux valeurs limites extrapolées R_0, mais rangées dans le même ordre.

On peut aussi classer, pour chacun des quatre liquides employés, les valeurs minima de R ayant réellement servi;

---

[1] Séance du 12 juillet 1926.

[2] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1375.

Liquide.	Viscosité ν.	Valeur minima de R.
Métaxylol........................	0,0074 à 0,0075	140
Eau pure........................	0,0100 à 0,0125	95
Eau sucrée ($c=20$)................	0,0190 à 0,0200	67
Eau sucrée ($c=37,2$)..............	0,0449 à 0,0535	74

Enfin, le tableau à double entrée donnant les valeurs minima de R utilisées pour chaque liquide et chaque épaisseur de lame, montre bien que le paramètre de Reynolds minimum nécessaire pour obtenir des tourbillons nets doit décroître, pour D donné, quand la viscosité croît, et croître avec D, pour une viscosité donnée; les limites relatives aux clichés fixes et aux films sont distinguées par les lettres (*c*) et (*f*) :

Liquide.	D = 0cm,1.	D = 0cm,2.	D = 0cm,4.	D = 0cm,8.
Métaxylol..........	(*f*) 140	(*f*) 274	(*f*) 513	(*f*) 1222
Eau pure...............	(*c*) 133	(*f*) 184	(*f*) 402	?
		(*c*) 95	(*c*) 343	
Eau sucrée ($c=20$).....	(*f*) 98	(*f*) 126	(*f*) 239	(*f*) 468
	(*c*) 67	(*c*) 119	(*c*) 260	
Eau sucrée ($c=37,2$)....	?	(*f*) 74	(*f*) 141	(*f*) 253

En résumé, il ne semble pas admissible qu'une valeur unique bien déterminée du paramètre R puisse fixer la limite entre le régime laminaire et le régime turbulent, comme cela aurait lieu, d'après O. Reynolds ([1]), dans le cas de l'écoulement d'un liquide par un tube cylindrique.

On peut comparer ces résultats à ceux de E. F. Relf et de E. G. Richardson, dont j'ai déjà cité ([2]) les travaux concernant les sons éoliens. L'un et l'autre de ces auteurs ont, comme moi-même, traité accessoirement la question de la limite du régime turbulent, telle qu'elle résulte de leurs expériences.

Pour l'eau pure, Relf donne 100 ou 110 comme minimum observé du paramètre R ; les données des tableaux de Richardson permettent de calculer que son minimum de R était compris entre 73 et 82 ([3]) : les valeurs

---

([1]) *Phil. Trans.*, **174**, 1883, p. 905. Voir à ce sujet M. Brillouin, *Leçons sur la viscosité*..., I, 1907, p. 211.

([2]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1523, et **183**, 1926, p. 20. Depuis la publication de cette dernière Note, une nouvelle lecture des premiers travaux relatifs aux tourbillons alternés déjà cités par moi m'a montré que c'est en réalité A. Mallock (*loc. cit.*, 1907) qui a vu le premier que ces tourbillons expliquent les vibrations des cordes des harpes éoliennes. Cet article semble avoir échappé à tous les auteurs que j'ai indiqués.

([3]) La température de l'eau n'y est donnée qu'à 5° près.

données par ces deux physiciens encadrent donc la mienne, égale à 95.

D'autre part, pour un liquide 4 ou 5 fois plus visqueux ($\nu = 0,23$) que le plus visqueux des miens, Richardson trouve que la valeur la plus faible de R ayant donné un son éolien s'abaisse à 33 : ce nombre se place bien à la suite de ceux que j'ai indiqués ci-dessus.

Cet accord m'a paru intéressant à signaler, car les méthodes sont très différentes.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur le calcul d'une poutre continue de forme quelconque lorsqu'on donne ses déformations élastiques verticales.* Note de M. **Farid Boulad Bey**, présentée par M. A. Mesnager.

On sait, dans l'étude des poutres continues, l'avantage que présente l'emploi de leurs éléments suivants : les foyers, les contre-verticales, l'équation de deux moments et les centres de correction qui sont des auxiliaires très précieux pour le calcul de ces poutres et jouent un rôle important dans leur théorie.

Or, à notre connaissance, on n'a pas encore établi les éléments auxiliaires ci-dessus d'une poutre continue de forme quelconque en connaissant seulement ses déplacements verticaux élastiques dus à une charge isolée agissant sur cette poutre considérée à une seule travée indépendante, déplacements qu'on se donne pour calculer directement les réactions de ses appuis.

Nous croyons donc utile de présenter ici brièvement, en fonction des déplacements verticaux ci-dessus et sous une forme simple et générale, les solutions de quelques questions sur les éléments précités qui sont intéressantes pour le calcul des poutres de ponts à travées coutinues.

Pour cela, considérons une poutre continue de forme quelconque reposant librement sur $(n+1)$ appuis $A_0, A_1, \ldots, A_n$ de niveau ou non et comportant n travées $l_0, l_1, \ldots, l_n$ prises suivant la droite A_0A_n supposée horizontale. Désignons par :

v_r et u_{r+1} les distances horizontales respectives de deux points correspondants quelconques F_r et F_{r+1} à l'appui correspondant A_r;

a_r et b_r les distances horizontales respectives d'un point quelconque A_r aux deux appuis extrêmes A_0 et A_n;

δ_s^k le déplacement vertical élastique d'un point quelconque A_s de cette poutre supposée reposant seulement sur ses deux appuis extrêmes et soumise à l'action d'une charge isolée $P = +1$ appliquée en un autre point quelconque A_k de cette poutre. En vertu du principe de réciprocité, $\delta_s^k = \delta_k^s$.

z_{k-1}^{k} et z_k^k les deux déplacements verticaux pris respectivement par deux points d'appui consécutifs A_{k-1} et A_k de cette poutre supposée à une seule travée indépendante $A_0 A_n$ et sollicitée par la charge extérieure appliquée sur la seule travée $A_{k-1} A_k$ et par les deux réactions qui se développeraient en ces deux points A_{k-1} et A_k limitant cette travée, si l'on supposait celle-ci indépendante et appuyée simplement en A_{k-1} et A_k;

γ_r la tangente de l'angle de dénivellation d'un appui A_r, angle dont il faudrait faire tourner la droite $A_{r-1} A_r$ pour qu'elle coïncide avec $A_r A_{r+1}$.

A présent, supposons cette poutre à une seule travée indépendante $A_0 A_n$ sollicitée par un système quelconque de trois forces verticales en équilibre S_{r-1}, S_r, S_{r+1} appliquées respectivement à trois points d'appui consécutifs quelconques A_{r-1}, A_r, A_{r+1} et telles que la force S_r soit descendante. Soient $A_{r-1} A'_{r-1}$, $A_r A'_r$, $A_{r+1} A'_{r+1}$ les déplacements verticaux subis par ces trois points rapportés à la droite horizontale $A_0 A_n$.

La ligne déformée $A_0 A'_{r-1} A'_r A'_{r+1} A_n$ étant un polygone funiculaire correspondant à un système de forces verticales fictives appliquées sur le tronçon $A_{r-1} A_{r+1}$, les deux portions $A_0 A'_{r-1}$ et $A_n A'_{r+1}$ de cette ligne sont donc deux droites. Il en résulte la proposition ci-après, qui donne graphiquement : *la fonction de la contre-verticale* $C_r V_r$ *de l'appui* A_r *et celle de deux points correspondants* F_r *et* F_{r+1}.

Les prolongements des deux côtés $A_0 A'_{r+1}$ *et* $A_n A'_{r+1}$ *de la ligne déformée se coupent sur la contre-verticale* $C_r V_r$ *et si* I *et* J *sont les points de rencontre respectifs des prolongements de ces deux côtés avec les verticales des deux points correspondants* F_r *et* F_{r+1}, *la droite* IJ *passe par le point* A'_r.

Pour avoir graphiquement à la fois les trois déplacements ci-dessus correspondant à la valeur $S_r = -1$ et ses équilibrantes S_{r-1} et S_{r+1}, il suffit de porter respectivement sur les verticales des deux points A_{r-1} et A_{r+1} les deux segments $A_k G_k = \delta_k^r - \delta_k^{r-1}$, $A_k H_k = \delta_k^r - \delta_k^{r+1}$ (avec $k = r-1, r, r+1$). Ensuite de tirer les droites $G_k H_k$ pour qu'elles interceptent sur la verticale de A_r les segments cherchés $A_k T_k = A_k A'_k$.

Appelons y_{r-1}, y_r, y_{r+1} les valeurs des déplacements verticaux des trois points A_{r-1}, A_r, A_{r+1} correspondant aux valeurs suivantes des trois forces en équilibre :

$$S_{r-1} = \frac{1}{l_{r+1}}, \qquad S_r = -\left(\frac{1}{l_r} + \frac{1}{l_{r+1}}\right), \qquad S_{r+1} = \frac{1}{l_r}.$$

On a, pour la valeur de y_k (avec $k = r+1, r, r+1$),

$$A_k A'_k = y_k = \frac{1}{l_r}(\delta_k^r - \delta_k^{r-1}) + \frac{1}{l_{r+1}}(\delta_k^r - \delta_k^{r+1}).$$

A présent, si l'on pose d'une manière générale

$$\alpha_k = \frac{y_k}{a_k}, \qquad \beta_k = \frac{y_k}{b_k}, \qquad \Phi = \frac{1}{l_r b_{r-1}}\left(\frac{z_r^r}{b_r} - \frac{z_{r-1}^r}{b_{r-1}}\right) + \frac{1}{l_{r+1} a_{r+1}}\left(\frac{z_r^{r+1}}{a_r} - \frac{z_{r+1}^{r+1}}{a_{r+1}}\right),$$

on établit ce qui suit :

1° *L'expression de la distance de la contre-verticale* $C_r V_r$ *à l'appui* A_r

$$A_r V_r = \frac{b_r \beta_{r+1} - a_r \alpha_{r-1}}{\beta_{r+1} - \alpha_{r-1}} \qquad \text{(elle est + dans le sens } A_r A_n\text{)}.$$

2° *L'équation des distances focales* v_r *et* u_{r+1}

$$\frac{a_r}{v_r}(\alpha_{r-1} - \alpha_r) + \frac{b_r}{u_{r+1}}(\beta_{r+1} - \beta_r) - (\alpha_{r-1} + \beta_{r+1}) = 0.$$

3° *L'équation des deux moments* M_r *et* M_{r+1} *produits aux deux points correspondants* F_r *et* F_{r+1} *et qui disparaissent dès que les deux travées* $A_{r-1} A_r$, $A_r A_{r+1}$ *deviennent indépendantes*

$$\frac{M_r}{v_r}(\alpha_{r-1} - \alpha_r) + \frac{M_{r+1} b_r}{u_{r+1}}(\beta_{r+1} - \beta_r) + \Phi + \gamma_r = 0.$$

4° *L'expression de l'ordonnée* $V_r G_r$ *du centre de correction* G_r *situé sur la contre-verticale* $C_r V_r$ *et par lequel passe toujours la droite joignant les deux extrémités des ordonnées représentatives des deux moments* M_r *et* M_{r+1}

$$V_r G_r = -(\Phi + \gamma_r) : (\alpha_{r-1} + \beta_{r+1}).$$

Dans un Mémoire, actuellement sous presse, nous donnerons en détail, outre la démonstration des constructions et relations ci-dessus, leur application à une partie à quatre travées continues.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Corrélation entre les protubérances et les filaments solaires. Agitation de la surface des facules.* Note de M. **Da Costa Lobo**, présentée par M. Deslandres.

Après de grandes difficultés, j'ai pu organiser à l'Observatoire astronomique de l'Université de Coïmbra un grand spectrohéliographe qui, par ses dimensions et ses caractéristiques, est identique à celui installé depuis longtemps à l'Observatoire de Meudon par M. Deslandres. Les deux appareils étant tout semblables, les épreuves solaires de l'une des stations sont complétées le mieux possible par les épreuves de l'autre station; ce qui permettra de réduire les lacunes imposées par le mauvais temps.

Nous pouvons déjà poursuivre à Coïmbra l'enregistrement des diverses couches de l'atmosphère solaire avec la raie K du calcium, et nous préparons en ce moment la seconde partie indispensable, qui est l'enregistrement avec la raie Hα de l'hydrogène. De plus on a placé à dessein les appareils solaires dans le voisinage de l'observatoire météorologique et de ses appareils magnétiques enregistreurs, afin de pouvoir bien étudier les relations entre l'activité solaire et les troubles de l'aiguille aimantée. C'est ainsi que nous avons observé le 25 janvier d'importantes taches et facules sur le Soleil un peu avant de grandes perturbations magnétiques.

Deux séries d'images monochromatiques du Soleil avec la raie K_3, la première les 25 et 26 janvier, et la seconde du 9 au 16 mars, mettent en relief la correspondance entre les filaments et les protubérances. Les filaments se présentent comme étant la projection des protubérances, ou tout au moins de certaines protubérances sur le disque du Soleil.

Le 25 janvier, le secteur Sud-Est offre une protubérance dont la base est manifestement en arrière du disque. Le jour suivant, à cause de la rotation solaire, la base de la protubérance est déjà en avant, et elle se trouve dans un filament.

Dans la série du 9 au 15 mars, on rencontre dans le secteur Nord-Est une protubérance qui est en arrière du disque les 9, 10 et 11; puis, les 12, 13, 14, 15 et 16 mars, elle est en avant, liée à un filament qui augmente alors que la protubérance se réduit; le 16 mars, la protubérance est complètement plongée dans l'intérieur du contour solaire.

L'épreuve du 11 mars montre dans le secteur Sud-Ouest une facule qui traverse le bord solaire, et l'on reconnaît qu'elle dépasse en partie le bord et qu'elle est très accidentée. On peut admettre des différences de niveau de quelques milliers de kilomètres, et supposer que ces régions, où apparaissent parfois des taches, sont très agitées et sont le siège de tourbillons qui peuvent produire les taches.

PHYSIQUE. — *La courbe de fusion de l'hélium.* Note (¹) de M. **W. H. Keesom**, présentée par M. D. Berthelot.

Les expériences sur la solidification de l'hélium décrites dans la Note présentée la semaine dernière, donnaient la possibilité de déterminer la courbe de fusion de l'hélium. En effet la méthode suivie était, sauf quelques

(¹) Séance du 12 juillet 1926.

détails, la méthode suivie par MM. Kamerlingh Onnes et Van Gulik dans des déterminations préliminaires de la courbe de fusion de l'hydrogène. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Pression du bain d'hélium cm/Hg.	Températures degrés Kelvin.	Pression de fusion atmosphères.
77,09	4,21	140,5 [1]
40,03	3,61	109,0 [1]
20,01	3,12	81,5
9,94	2,72	62,8
5,02	2,40	48,6
2,00	2,04	35,7
1,10	1,83	29,8
0,57	1,60	27,4
0,24	1,36 (1,42)	26,5
0,057	1,13 (1,19)	25,3

Les valeurs de la température ont été déduites de la pression du bain d'hélium liquide au moyen de la formule pour les pressions de la vapeur saturée qui a été donnée dans *Leiden Comm.*, n° 147*b*. Les valeurs entre parenthèses ont été déduites de la formule, que M. Verschaffelt a donné dans *Leiden Comm.*, Suppl., n° 49.

Je renvoie à la Note précédente pour les conséquences qui se déduisent immédiatement de la forme de la courbe de fusion.

PHYSIQUE. — *Sur une relation entre la constante de la gravitation et les autres constantes fondamentales.* Note de M. G. **Darrieus**, présentée par M. de Broglie.

Dans une Note publiée aux *Comptes rendus* du 24 novembre 1924, M. L. Décombe a signalé une curieuse relation

$$\sqrt{\varphi} = \frac{8\,\mathfrak{N}^2 \mathcal{F}^2 \mathcal{R}^2 h^2}{N^4 \rho}$$

entre la constante de la gravitation $\sqrt{\varphi}$, le nombre $\mathfrak{N}$ d'Avogadro, l'équivalent électrochimique $\mathcal{F}$ de Faraday, la masse atomique $N = m_H \mathfrak{N}$ de l'hy-

(1) Ces valeurs ne sont pas aussi certaines que les autres à cause du fait que le manomètre n'a pas encore été calibré assez exactement pour ces pressions.

drogène, la constante spectroscopique de Rydberg $\mathcal{R}$, le quantum d'action h, enfin le rapport $\rho = \frac{e}{m}$ de la charge à la masse de l'électron.

Sous cette forme, la relation présente l'inconvénient de faire intervenir, directement et par les grandeurs macroscopiques N et $\mathcal{F}$, le nombre $\mathcal{N}$ d'Avogadro, qui dépend du choix arbitraire de la molécule-gramme.

Il est possible d'éliminer ce nombre en ne retenant comme constantes fondamentales que les grandeurs élémentaires irréductibles pour l'instant, e, m, m_H, h et c vitesse de la lumière, ce qui donne à la relation la forme encore plus simple

$$\sqrt{\varphi} = \frac{2e}{m}\left(\frac{\alpha m}{m_H}\right)^4$$

qui, outre les constantes fondamentales, charge élémentaire e (en unités e.s.), masses m de l'électron et m_H du proton, ne contient que le rapport purement numérique

$$\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc} = 7,29.10^{-3}$$

déjà introduit par Sommerfeld dans sa théorie de la structure fine des raies.

Quelque réserve que l'on puisse peut-être encore formuler à l'égard des hypothèses par lesquelles M. L. Décombe est parvenu à cette relation, sa forme simple et suggestive nous paraît être, outre la concordance numérique (à $\frac{1}{1000}$ près) avec les valeurs expérimentales, une présomption nouvelle en faveur de son exactitude.

ÉLECTRODYNAMIQUE. — *Sur la synthèse mathématique des lois de l'électrodynamique.* Note de M. **Henri Malet**, présentée par M. d'Ocagne.

Je signale que les lois électrodynamiques traduites par les équations de Maxwell, sous la forme que leur a donnée M. Lorentz, peuvent être condensées, en même temps que les récents travaux de M. Raoul Ferrier, en les deux énoncés ci-dessous. Les lois s'en déduisent en exprimant par le calcul les relations identiques qui existent entre divergences et tourbillons des vecteurs considérés.

Première loi. — *L'état électrique d'un élément de volume infiniment petit dans l'éther est caractérisé en chaque point par un vecteur perturbation* Φ *dont le champ magnétique* H *est le tourbillon et le champ électrique* E *la dérivée par rapport au temps changée de signe.*

Deuxième loi. — *Si dans la région de l'espace considéré il y a de l'électricité libre, l'état électrique dépend en outre d'une fonction* V *ou potentiel, et le champ électrique est augmenté d'un vecteur égal au gradient de* V.

Ces énoncés s'écrivent en effet

$$\mathrm{H} = \operatorname{rot} \Phi, \qquad \mathrm{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \Phi}{\partial t} + \operatorname{grad} \mathrm{V}.$$

Ajoutons, suivant la notation de M. Ferrier,

$$\mathcal{A} = \operatorname{div} \Phi.$$

Il vient identiquement :

$$\operatorname{div} \mathrm{E} = -\frac{1}{e}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial t} + \operatorname{div} \operatorname{grad} \mathrm{V},$$

$$\operatorname{div} \mathrm{H} = 0,$$

$$\operatorname{rot} \mathrm{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial t},$$

$$\operatorname{rot} \mathrm{H} + \operatorname{grad} \mathrm{A} = -\Delta \Phi.$$

Or

$$\operatorname{div} \operatorname{grad} \mathrm{V} = -\Delta \mathrm{V} = 4\pi\rho.$$

D'autre part

$$\frac{1}{c}\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial t} = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} + \frac{1}{c}\operatorname{grad}\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial t}.$$

Mais, si le courant en un point est i, la densité étant ρ, la condition de continuité exprimant qu'il n'y a pas déperdition d'électricité est

$$\operatorname{div} i = -\frac{1}{c}\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{1}{4\pi c}\operatorname{div} \operatorname{grad}\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial t},$$

d'où l'on tire

$$4\pi i + \operatorname{rot} \mathcal{B} = -\frac{1}{c}\operatorname{grad}\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial t}$$

et la quatrième relation ci-dessus peut s'écrire

$$\operatorname{rot} \mathrm{H} + \operatorname{grad} \mathcal{A} = \frac{1}{c}\frac{\partial \mathrm{E}}{\partial t} - \square\Phi + 4\pi i + \operatorname{rot} \mathcal{B}.$$

Il suffira pour retrouver les équations de Maxwell de supposer nuls *a priori* $\mathcal{A}$ (ampérien de M. Ferrier) et le vecteur $\mathcal{B}$ qui n'a jamais été considéré jusqu'ici, en même temps que d'admettre $\square\Phi = 0$ (propagation de Φ et par suite E avec la vitesse c). Ceci revient à imposer à Φ les conditions simultanées

$$\operatorname{div} \Phi = 0, \qquad \square\Phi = \Delta\Phi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = 0.$$

On retombera sur les équations préquantiques de M. Ferrier en admettant les conditions simultanées

$$\text{rot}\,\Phi = 0, \qquad \Delta\Phi + \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} = 0.$$

Ces deux ordres de conditions se résument dans la condition

$$\text{rot}\,\text{rot}\,\Phi - \text{grad}\,\text{div}\,\Phi = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2}$$

ou

$$\Box\Phi + 2\,\text{grad}\,\text{div}\,\Phi = 0$$

équivalente à trois équations différentielles du second ordre en Φ_x, Φ_y, Φ_z. Compte tenu de cette relation, le système d'équations s'écrit

$$\begin{aligned} \text{div}\,E &= -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial t} + 4\pi\rho, \\ \text{div}\,H &= 0, \\ \text{rot}\,E &= -\frac{1}{c}\frac{\partial H}{\partial t}, \\ \text{rot}\,H - \text{grad}\,\mathcal{A} &= \frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t} + 4\pi i + \text{rot}\,\mathcal{V}, \end{aligned}$$

ce qui, pour $V = \text{const.}$, redonne le système généralisé de M. Ferrier, et pour $\mathcal{A} = 0$ les équations de Maxwell.

SPECTROSCOPIE. — *Spectrographie des rayons X de grande longueur d'onde.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans une précédente Note (¹) nous avons décrit une méthode applicable à la spectrographie des rayons X compris entre 20 et 150 Ångströms, limite imposée par l'absorption des écrans et la nature du réseau. La réflexion est, en effet, encore remarquablement bonne sous des angles atteignant 60° et nous avons pu, par exemple, suivre la raie $K\alpha$ du carbone jusqu'au troisième ordre ce qui correspond à une longueur d'onde de 138 Å.

Cette méthode a été appliquée au bore, préalablement fondu dans un bon vide, sur la face antérieure d'une cathode de graphite. La raie $K\alpha_2$, diffuse comme celle du carbone, a été trouvée à 73,5 Å. Dans l'une de ces

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1083.

expériences, une légère fuite s'étant déclarée dans le tube, le bore s'est oxydé et a déposé sur l'anode un sous-oxyde noir qui a donné une forte raie à 24,8 Å, fine et fortement transmise par l'écran d'or battu. Cette ligne est $K\alpha_{1,2}$ de l'oxygène. Il est à remarquer que la série K débute effectivement au bore [1] et que les éléments plus légers : Gl, Li, He et H ne *possèdent pas de spectre de rayons X caractéristique*.

Nous avons cherché à réaliser une cathode incandescente ne donnant pas de dépôt sur l'anode et permettant ainsi d'obtenir le spectre de n'importe quel élément. Nous y sommes parvenu en construisant une cathode de Wehnelt *chargée sur sa face postérieure*. Cette électrode a en outre l'avantage d'émettre peu de lumière, ce qui nous a permis de réduire l'épaisseur de l'écran de magnésium. Grâce à ce dispositif, nous avons pu étudier l'apparition de la série L avec le phosphore, le soufre, le fer et le cuivre.

Conformément au système d'apparition des niveaux précédemment déduit de l'étude des spectres de haute fréquence, la raie $L\alpha$ n'existe, ni pour P, ni pour S. Elle est faible pour Fe, devant débuter pour Cr. Elle est néanmoins suivie jusqu'au quatrième ordre (70 Å). Elle est très forte pour Cu (suivie jusqu'au neuvième ordre : 120 Å), par suite de l'édification des niveaux M de basse fréquence dans le groupe du fer [2].

---

(1) La série K des éléments légers a été obtenue avec une trentaine de milliampères sous la tension constante de 800 volts. Un essai de vérification de la relation du quantum, par la mesure de la plus courte longueur d'onde du spectre continu, a échoué par suite de la forte réflexion optique de ces rayons sur le réseau et voilant la plaque jusque vers 30 Å.

(2) Les spectres montrent parfois la présence de la raie $K\alpha$ du carbone quelle que soit la nature de la cathode. C'est le phénomène que nous avons analysé dans une précédente Note (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 927). Cette raie est tantôt due au bombardement de la fenêtre de celluloïd par les électrons diffusés par l'anode, tantôt à un film de carbone se formant au foyer. Les clichés montrent que le rayonnement du celluloïd est parfois très intense, particulièrement lorsque l'anode est au sol et la tension d'alimentation constante. Le film de carbone se formant au foyer est dû à la réduction, par les rayons cathodiques, de gaz hydrocarbonés issus du celluloïd, de la paraffine et de la picéine et *adsorbés* par l'anode. Cette raie $K\alpha$ du carbone disparaît d'ailleurs à volonté si l'on a soin de chauffer assez fortement la cathode pour que le dépôt métallique s'effectue plus rapidement que la formation du film de carbone. La cathode de Wehnelt à enduit postérieur montre, au contraire, toujours la raie $CK\alpha$, mais le film de carbone peut être maintenu assez mince pour permettre l'obtention de rayons caractéristiques intenses de l'anticathode.

L'apparition de la série M a été suivie, avec des cathodes donnant des dépôts pour les éléments Zr, Mo, Ba, Ta et W. La raie Mα n'a été trouvée pour aucun des trois premiers. Elle est au contraire très forte pour les deux autres, pour lesquels elle a pu être suivie jusqu'au septième ordre. L'étude des séries N et O des éléments lourds a enfin été commencée pour le baryum avec une cathode barytée. Trois raies d'intensité moyenne ont déjà pu être mesurées avec certitude à 48,3; 61 et 71,5 Å et semblent répondre aux combinaisons $N_{10}\,O_{4,5}$, $N'_9\,O_6$ et $N'_8\,O_6$. Ces spectres montrent que la largeur et la diffusion des raies, constatées au delà d'un angle de réflexion de 10 à 12°, ne sont pas dues à un défaut de monochromatisme des radiations de grande longueur d'onde, mais bien à l'imperfection du réseau. Par exemple, la raie $Cu_2\,L\alpha$ est fine et nette alors que $Cu_4\,L\alpha$ a le même aspect que CKα. Cet élargissement ne croît plus au delà de 50 Å.

Il est à remarquer qu'avec la dispersion utilisée, tous les spectres K, L, M ou N que nous avons obtenus dans le nouveau domaine spectral se réduisent à une ligne unique et qu'ils offrent ainsi un caractère de simplicité remarquable. *Ces raies sont intenses, aussi bien pour les éléments lourds que pour les éléments légers* et le fond continu accompagnateur est si faible que les bandes de l'émulsion photographique ne sont pas visibles [1] et qu'aucune limite d'absorption n'a encore pu être mesurée [2].

POUVOIR ROTATOIRE. — *Variation du pouvoir rotatoire des solutions de sels de quinine en fonction de leur concentration en ions hydrogène. Pouvoir rotatoire de l'asparagine et effet de sel.* Note de Mlle **J. Liquier**, présentée par M. A. Cotton.

I. J'ai indiqué précédemment [3] que le pouvoir rotatoire de la nicotine et de l'asparagine en solution varie régulièrement en fonction de leur concentration en ions H; on observe une variation analogue pour d'autres

---

(1) Nous avons pu observer que, contre toute attente, la raie CKα pouvait encore être décelée — quoique faiblement — au moyen d'une plaque photographique ordinaire.

(2) Nous avons montré (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 575) que la méthode des potentiels critiques, plus sensible, permettait de déceler, lorsqu'elle est judicieusement utilisée, des limites d'absorption comme CK et Au $N_{4,5}$, qui possèdent, pour les écrans usuels, la même importance relative.

(3) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 269, et **180**, 1925, p. 1917.

corps actifs. Le tableau ci-dessous résume les mesures relatives aux sulfates de quinine. Le pouvoir rotatoire spécifique [α] est déterminé pour les radiations $\lambda_1 = 0^\mu,578$; $\lambda_2 = 0^\mu,546$; $\lambda_3 = 0^\mu,436$ du mercure.

Sulfate basique de quinine (0,13 pour 100).

pH.	2,27.	2,50.	2,73.	2,89.	3,19.	3,61.	4,15.	4,61.
$[\alpha]_{\lambda_1}$.	−229,74	−228,71	−224,61	−224,61	−218,46	−209,23	−194,87	−167,17
$[\alpha]_{\lambda_2}$.	−261,53	−268,71	−264,61	−262,50	−257,43	−247,17	−229,74	−197,94
$[\alpha]_{\lambda_3}$.	−598,97	−605,12	−591,79	−592,82	−580,51	−541,53	−497,43	−404,10

pH.	4,72.	5,09.	5,25.	5,44.	5,77.	7,52.	7,93.	8,29.
$[\alpha]_{\lambda_1}$.	−161,02	−153,84	−149,74	−146,66	−143,58	−137,43	−134,35	−123,07
$[\alpha]_{\lambda_2}$.	−187,69	−179,48	−172,30	−168,20	−167,17	−160,00	−154,85	−143,58
$[\alpha]_{\lambda_3}$.	−378,46	−350,76	−341,53	−331,28	−325,12	−303,58	−295,38	−269,74

La courbe $\alpha = f(\text{pH})$ présente deux paliers correspondant respectivement au sulfate basique $2(C^{20}H^{24}N^2O^2).SO^4H^2$ et au sulfate neutre $C^{20}H^{24}N^2O^2.SO^4H^2$. Les constantes de dissociation relatives aux deux fonctions de la quinine, déterminées à l'aide de cette courbe, sont voisines de 2.10^{-6} et de $1,8.10^{-10}$, nombres qui correspondent très bien aux valeurs trouvées directement par Kolthoff.

II. *Solutions d'asparagine en présence de sels.* — On a depuis longtemps signalé l'influence qu'exercent les sels sur le pouvoir rotatoire de l'asparagine ; nous en avons fait une étude systématique en déterminant, pour chaque quantité de sel ajoutée, la valeur de [α] et la valeur de la force électromotrice de la pile à hydrogène constituée à l'aide de la solution.

Nos mesures ont porté sur des solutions d'asparagine en présence de borate de sodium, acétate de sodium et surtout de sels neutres : NaCl, KCl, NaI, $CaCl^2$, SO^4K^2. Nous donnons ici les mesures relatives à l'action de KCl. Nous avons étudié trois types de solutions, choisies en trois points de la courbe $\alpha = f(\text{pH})$, qui caractérise la dissociation de l'asparagine. Pour des solutions salines, c'est-à-dire pour des solutions d'électrolytes forts, il ne peut être question de pH, mais seulement d'activité. Dans le tableau suivant, nous donnons le pH de la solution initiale d'asparagine et, pour chaque solution, la force électromotrice e de la pile à hydrogène correspondante, valeur qui mesure l'activité de l'ion H^+.

Asparagine : 2g pour 100; KCl : pg pour 100.

pH initial.	pg KCl.	e.	[α] λ1.	[α] λ2.	[α] λ3.
0,15...	0	0,257	+29°,3	+33°,3	+58°,3
	0,49	0,263	+29,1	+33,4	+58,1
	0,99	0,257	+29,0	+33,1	+58,3
	1,98	0,257	+29,4	+33,4	+58,6
	4,97	0,256	+29,6	+33,4	+58,4
	9,94	0,255	+29,3	+33,2	+58,1
4,50...	0	0,507	— 5,4	— 6,0	— 9,1
	0,49	0,509	— 3,9	— 4,45	— 6,4
	0,99	0,510	— 2,9	— 3,3	— 4,4
	1,98	0,512	— 1,9	— 2,2	— 2,8
	4,97	0,514	+ 1,3	+ 1,7	+ 4
	9,94	0,518	+ 4,8	+ 5,5	+10,3
9,54...	0	0,801	— 8,5	— 9,6	—14,9
	0,49	0,801	— 8,25	— 9,2	—14,2
	0,99	0,801	— 8,0	— 9,0	—14,0
	1,98	0,802	— 6,9	— 7,85	—11,85
	4,97	0,802	— 5,65	— 6,3	— 9,45
	9,94	0,803	— 3,85	— 4,1	— 6,1

Il résulte de l'ensemble de nos mesures que, dans le cas des sels neutres, l'activité de l'ion H^+ reste sensiblement constante lorsque la concentration en sel augmente. Elle diminue, au contraire, si l'on ajoute à la solution un sel d'acide faible (acétate, borate). De plus si, pour l'ensemble des solutions acides ou basiques correspondant à la courbe $\alpha = f(\text{pH})$ et des solutions salines, on trace, à l'aide des courbes de dispersion, les droites de Darmois, on constate que ces droites sont concourantes. Nous en concluons que les constituants actifs des solutions qui correspondent à la courbe et des solutions en présence de sels sont les mêmes, c'est-à-dire les molécules d'une part et les différentes fractions de la molécule dissociée, d'autre part.

Dès lors, on pourrait, semble-t-il, expliquer cet effet de sel par la variation que subit la constante diélectrique de la solution lorsque la concentration en sel augmente, variation qui doit entraîner un changement du degré de dissociation du corps actif. Les propriétés optiques de ces solutions pourraient donc se rattacher à la théorie des électrolytes forts de M. Debye, récemment complétée, pour les grandes concentrations, par M. Hückel, et en constitueraient une confirmation expérimentale indirecte.

Des mesures du pouvoir rotatoire de ces solutions dans l'ultraviolet ont

été entreprises avec la collaboration de M. Descamps, pour confirmer ce point de vue. Nous étudions aussi une variation analogue du pouvoir rotatoire de l'acide aspartique sous l'influence des sels neutres.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le ralentissement des rayons α par la matière.* Note [1] de M. **Salomon Rosenblum**, présentée par M. J. Perrin.

On sait que les rayons α sont des noyaux d'hélium en mouvement qui perdent de la vitesse en traversant la matière. La perte de la vitesse en fonction de l'épaisseur et la nature de l'écran traversé a été montrée par quelques expérimentateurs [2].

Je me suis proposé de reprendre l'étude de cette question. La méthode employée consistait à mesurer la déviation magnétique en recevant les rayons sur une plaque photographique. Comme source de rayonnement, j'ai utilisé le dépôt actif du thorium, émettant deux groupes de rayons α, dont on peut simultanément suivre le ralentissement. Le dépôt actif du thorium, en outre, a l'avantage d'avoir une période beaucoup plus longue que celle du Ra C. J'ai examiné comme absorbant le mica, l'aluminium, le cuivre, l'argent, l'étain, l'or, le platine et le plomb, en feuilles de métal battu et laminé. Les métaux laminés donnent des résultats plus réguliers. Les écrans en plomb ont été plus difficiles à obtenir et les résultats sont moins satisfaisants.

Dispositif expérimental. — La source radioactive était une pièce en or, activée par la méthode du champ électrique; son rayonnement γ était équivalent à celui de 8-20 millicuries de Ra-él., au début des expériences. Cette pièce entrait dans une rainure creusée dans un cylindre de laiton ajusté au-dessous du diaphragme inférieur de l'appareil à déviation magnétique que j'ai déjà décrit [3]. Les écrans pouvaient être placés sur ce petit cylindre. Ils étaient fixés par l'intermédiaire d'une petite pièce métallique. La distance entre la fente et la source était d'environ 1^{mm}. La source était couverte par l'écran seulement sur les deux tiers de sa longueur, ce qui permettait de recevoir sur la plaque photographique les faisceaux non ralentis.

---

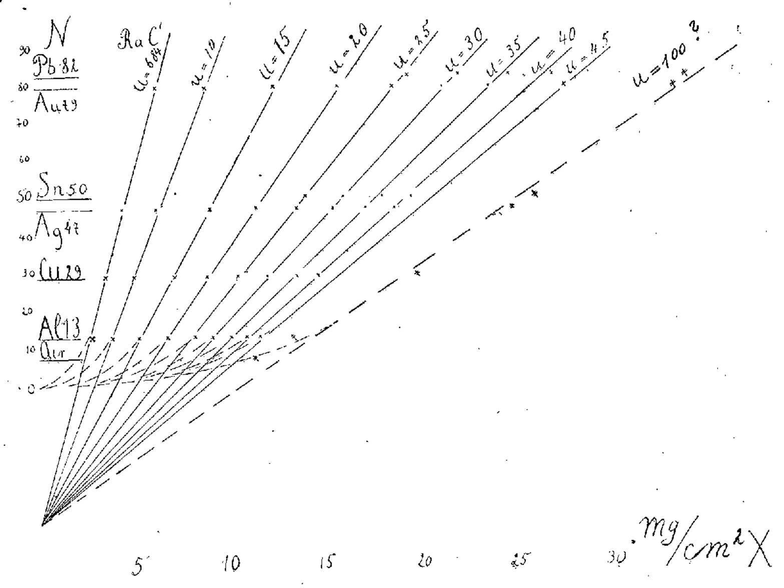
(1) Séance du 5 juillet 1926.

(2) E. Rutherford, *Phil. Mag.*, **12**, 1906, p. 134. — H. Geiger, *Proc. Roy. Soc.*, A, **83**, 1910, p. 505. — E. Marsden et F. S. Taylor, *Proc. Roy. Soc.*, A, **88**, 1913, p. 443.

(3) S. Rosenblum, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1332.

L'ordre de grandeur du champ était de 15000 gauss. La pression dans l'appareil restait en dessous de $0^{mm},01$ de mercure.

On opérait avec renversement de champ afin d'obtenir une déviation double.



Dans la figure ci-dessus on a porté en ordonnées les numéros atomiques N et en abscisses les masses superficielles en milligrammes par centimètre carré. On voit que les masses superficielles X des corps étudiés qui réduisent la vitesse des rayons α de la même fraction

$$u = \frac{\text{vitesse initiale } \alpha \text{ Th C}' - \text{vitesse restante}}{\text{vitesse initiale}}$$

(vitesse initiale des rayons α de Th C' $= 100$) sont une fonction linéaire de N. Toutefois il est à noter que le platine $N = 78$ fait une exception, se plaçant un peu plus haut que l'or $N = 79$. Les courbes de ralentissement des rayons α de Th C' et les tableaux numériques pour les différents absorbants seront ultérieurement donnés.

La relation assez approximative provisoire

$$(1) \qquad X = \frac{7}{9} \log\left(\frac{u + 40}{40}\right)(N + 36)$$

représente les résultats pour $u < 40$ et pour les métaux $N > 13$ étudiés par moi.

La photographie des faisceaux de rayons α ayant subi une perte de

vitesse $u > 40$ exige des poses très longues et les mesures des déviations des raies dues aux rayons ralentis deviennent de plus en plus incertaines par suite d'un effet d'élargissement des raies.

Comme dans la plupart des travaux relatifs aux rayons α le radium C a été utilisé comme source j'ai tracé la droite $u = 6,84$, qui indique les poids d'écran en milligrammes par centimètre carré, qui réduisent la vitesse des rayons α Th C′ à celle des rayons α de Ra C′, inférieure de 6,84 pour 100. [Comme vitesses j'adopte $1,922.10^9$ cm/sec pour Ra C′ et $2,063.10^9$ cm/sec pour Th C′)] (1).

En multipliant les nombres donnés par Rausch et von Traubenberg (2) comme parcours des rayons α de Ra C′ dans les différents métaux par les poids spécifiques correspondants et en ajoutant les nombres donnés par la droite $u = 6,84$ j'ai indiqué dans la figure la courbe hypothétique $u = 100$. On voit que la relation linéaire n'est probablement plus valable pour les petites valeurs de N. (L'air interviendrait avec une valeur $8 > N > 7$.)

On pourrait prévoir une relation plus générale

$$x = k \log\left(\frac{u + k'}{k'}\right)\left(N + K'' - \frac{k''}{N + 1}\right) \tag{II}$$

qui se confondrait avec la relation (I) pour les valeurs élevées de N. Le ralentissement dans les écrans gazeux sera ultérieurement étudié.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption des rayons β par la matière.* Note de M. **Georges Fournier**, présentée par M. Jean Perrin.

. Nous étendons aujourd'hui aux corps composés l'étude de l'absorption des rayons β par la matière, étude que nous avions jusqu'ici (3) appliquée aux corps simples et principalement aux métaux. Quelques corps composés se laissent cliver ou fondre en lames analogues à des lames métalliques. Pour les autres nous avons employé des méthodes expérimentales légèrement différentes :

---

(1) *Bull. of Nat. Research Council*, **10**, Part 1, 1925, p. 68.

(2) Rausch et von Traubenberg, *Zeit, für Phys.*, **2**, 1920, p. 268.

(3) Georges Fournier, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 284 et 1490; **183**, 1926, p. 37. — Mme J.-S. Lattès et Georges Fournier, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 835 et 1135.

1° Méthode des cuvettes à fond mince pour les corps solides pulvérisés ([1]);

2° Méthode des cuves de verre à faces parallèles et à parois minces pour les liquides;

3° Méthode indirecte des solutions de différentes concentrations pour les sels solubles dans l'eau.

Résultats. — Soit $A^m B^n$ un corps composé. Soient $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_A$ et $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_B$ les coefficients massiques d'absorption des rayons β du RaE, respectivement dans les éléments A et B, calculés d'après la loi ([2])

$$\frac{\mu}{\rho} = 15 + 0{,}142\,N$$

[à l'exception du soufre, seul corps simple anormal, pour lequel nous prendrons le coefficient observé 18,53 ([3])]. Soient enfin P_A et P_B les masses atomiques des éléments A et B, et $M = mP_A + nP_B$ la masse moléculaire du corps composé envisagé.

Nous appellerons *normaux* les corps composés dont le coefficient massique d'absorption vis-à-vis des rayons β du RaE est très voisin de celui que l'on peut calculer par la loi d'additivité suivante :

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{mP\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_A + nP_B\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_B}{M}.$$

(Au cas où le corps composé renferme l molécules d'eau, le coefficient est calculé en attribuant au corps la formule $A^m B^n H^{2l} O^l$).

Les résultats concernant 26 corps composés sont réunis dans le tableau suivant :

Corps étudiés.	Forme sous laquelle le corps a été étudié.	$\frac{\mu}{\rho}$ calc.	obs.	Écart. Signe.	Valeur p. 100.
	Normaux.				
SiO^2	lames de quartz	16,5	16,3	—	1
MnO^2	en poudre	17,7	17,8	+	< 1
MgO	»	16,5	16,5		0
Al^2O^3	»	16,5	16,8	+	< 2

([1]) Georges Fournier, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 37.
([2]) *Ibid.*, 180, 1925, p. 284.
([3]) *Ibid.*, 183, 1926, p. 37.

Corps étudiés.	Forme sous laquelle le corps a été étudié.	$\frac{\mu}{\rho}$ calc.	$\frac{\mu}{\rho}$ obs.	Écart Signe.	Écart Valeur p. 100.
		Normaux (suite).			
BO^3H	en poudre	16,0	16,2	+	1
KBr	»	19,2	19,2		0
NO^3Na	fondu en lames	16,2	16,2		0
NO^3K	»	16,7	compatible		
SO^4HK	»	16,8	16,9	+	< 1
Naphtaline	»	15,8	15,8		0
Acide picrique	en poudre	16,0	15,9	—	< 1
CCl^4	liquide	17,3	17,1	—	1
CS^2	»	18,1	18,2	+	< 1
		Anormaux proprement dits.			
H^2O	liquide	16,0	17,4	+	9
ZnS	en poudre	17,0	19,4	+	14
CaF^2	»	17,1	19,3	+	13
$Fe(CN)^6K^3$	»	17,0	21,7	+	28
Urée	»	16,0	17,6	+	10
Camphre	fondu en lames	15,8	17,3	+	10
		Anormaux par l'eau de constitution.			
$SO^4Ca, 2H^2O$	gypse clivé	16,7	18,2	+	10
Acide oxalique ($2H^2O$)	en poudre	16,0	17,3	+	8
$As^2S^3, 6H^2O$	»	18,7	21,0	+	12
Alun de potassium ($24H^2O$)	»	16,4	18,7	+	14
		Anormaux par dissolution dans l'eau.			
KBr	dissous dans l'eau	19,2	tendant vers la valeur calculée (pour la fin des courbes, c'est-à-dire pour les solutions concentrées).		
KI	»	21,4			
NaBr	»	19,2			
NaI	»	21,6			

Conclusions. — Dans ce tableau nous pouvons remarquer que :

1° L'anomalie du soufre se conserve très nettement dans le sulfure de carbone ;

2° Dans tous les cas où il y a écart avec la loi d'additivité, le coefficient observé est *plus grand* que le coefficient calculé d'après cette loi ;

3° Tous les corps composés contenant de l'eau de constitution sont anormaux et semblent l'être d'autant plus qu'ils renferment plus d'eau.

Les résultats relatifs aux corps en solution aqueuse donnent une indication dans le même sens. L'eau elle-même est anormale.

En résumé la loi d'additivité semble valable pour les composés anhydres, à l'exception de ceux qui renferment certains groupements anormaux.

PHOTOCHIMIE. — *Expériences sur la solarisation photographique.* Note (1) de M. **Henri Belliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une précédente Communication (2), j'ai décrit une expérience qui distingue la solarisation de l'inversion par les radiations rouges, en montrant que le second phénomène est une régénération de la substance sensible. Une seconde distinction est établie par la propriété suivante : *La solarisation est accompagnée de noircissement direct par la lumière.*

Réalisons sur trois plaques des clichés solarisés identiques; l'un d'eux est développé et fixé, un autre est fixé sans développement, le troisième est laissé tel quel. On compare le premier, soit au troisième à la lumière rouge, soit au second examiné par réflexion à la lumière ordinaire. On constate alors que, sur les deux derniers clichés, des régions noircies directement par la lumière correspondent aux régions solarisées sur le cliché développé. Aucun phénomène analogue n'accompagne l'inversion par le rouge et l'infrarouge.

Pour préciser la correspondance du noircissement direct avec la solarisation, j'ai enregistré au microphotomètre Lambert et Challonge trois clichés du spectre de l'arc au charbon posés 34 minutes 8 secondes $= 2^{11}$ secondes, qui avaient été : le premier, développé et fixé (I); le second, fixé sans développement (II); le troisième, fixé sans développement, puis renforcé à l'iodomercurate de potassium (III).

On constate sur les courbes obtenues (*fig.* 1) :

1° La correspondance des groupes de raies de $0^{\mu},416$ à $0^{\mu},422$ et de $0^{\mu},385$ à $0^{\mu},388$ (raies dites du cyanogène) sombres sur fond clair sur les clichés non développés (courbes II et III) et claires sur fond sombre sur le cliché développé (courbe I);

2° La correspondance du maximum de solarisation et des maxima de noircissement direct pour la longueur d'onde $0^{\mu},476$.

(1) Séance du 5 juillet 1926.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1609.

Courbes de noircissement. — On peut aussi tracer les courbes de noircissement pour une longueur d'onde donnée, en fonction du temps de pose. Sur une même plaque on a pris parallèlement des clichés du spectre de l'arc au charbon pour des temps de pose échelonnés en progression géométrique de 32 secondes $= 2^5$ secondes à 34 minutes 8 secondes $= 2^{11}$ secondes. La plaque a été développée, et pour la longueur d'onde du maximum de solarisation ($0^{\mu},476$) on a mesuré, au microphotomètre Fabry et Buisson, la densité de chaque cliché; la courbe A (*fig.* 2) représente la variation de la

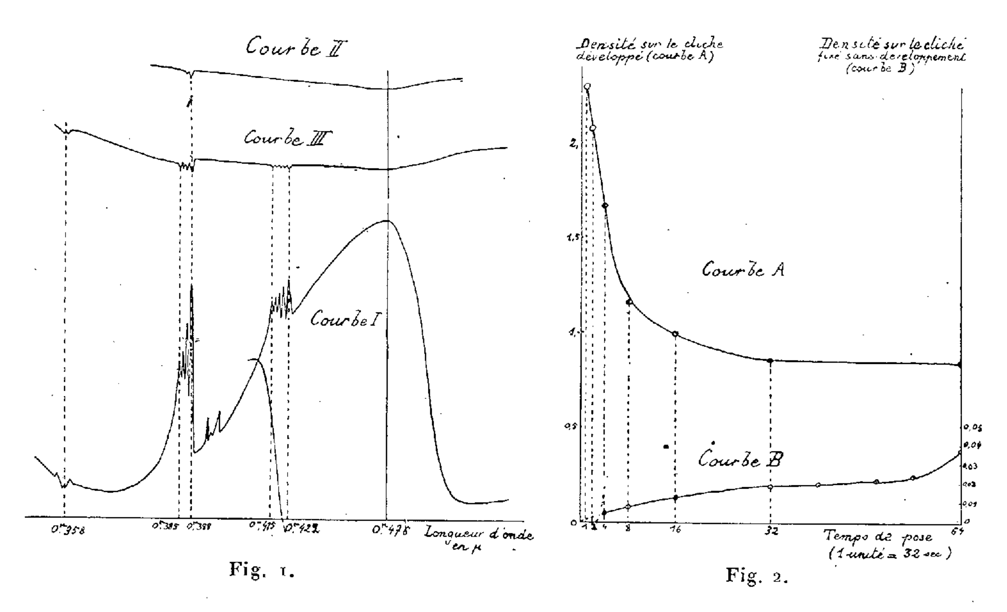


Fig. 1. Fig. 2.

densité en fonction du temps de pose; elle est constamment décroissante.

Une autre plaque impressionnée de la même manière, mais fixée sans développement, a été enregistrée perpendiculairement à la direction des spectres, pour la longueur d'onde $0^{\mu},476$, au microphotomètre Lambert et Challonge; le fond de la plaque donne une droite horizontale dans laquelle chaque spectre produit une encoche; de la hauteur de chaque encoche, on peut déduire la différence de densité avec le fond, ce qui permet de tracer la courbe B, tout au moins pour les temps de pose les plus élevés (à partir de 2 minutes 8 secondes). On obtient une courbe constamment croissante.

Maximum de solarisation. — Le maximum de solarisation peut être interprété comme la manifestation d'une sensibilité plus grande de la plaque pour une certaine longueur d'onde. Il faut toutefois tenir compte de ce que l'énergie lumineuse augmente, et la dispersion du spectroscope diminue

quand on se déplace du violet vers le rouge. La position du maximum de solarisation, qui ne varie pas avec le temps de pose lorsque la source reste constante, varie pour le même temps de pose lorsqu'on change la nature ou le mode de fonctionnement de la source. Enfin, on sait que pour les temps de pose normaux, l'impression photographique est aussi maximum pour une certaine longueur d'onde.

Afin de comparer les deux maxima et d'éliminer dans une certaine mesure l'influence de la répartition de l'énergie dans le spectre, on a réalisé dans les mêmes conditions, sur une même plaque, les clichés suivants :

1° Sur une portion vierge, un cliché non solarisé posé pendant un temps extrêmement court;

2° Chevauchant sur une région préalablement solarisée et une région vierge, un cliché posé pendant une demi-heure.

Cela donne trois clichés dont les enregistrements photométriques ont montré :

1° Qu'en solarisant préalablement on déplace le maximum de solarisation vers le violet (de $0^{\mu},470$ à $0^{\mu},473$);

2° Que ce maximum correspond à une longueur d'onde inférieure à celle du maximum d'impression normale ($0^{\mu},475$).

Le noircissement pour les temps de pose normaux et la solarisation sont maxima pour deux longueurs d'onde voisines mais distinctes, la première étant plus grande que la seconde.

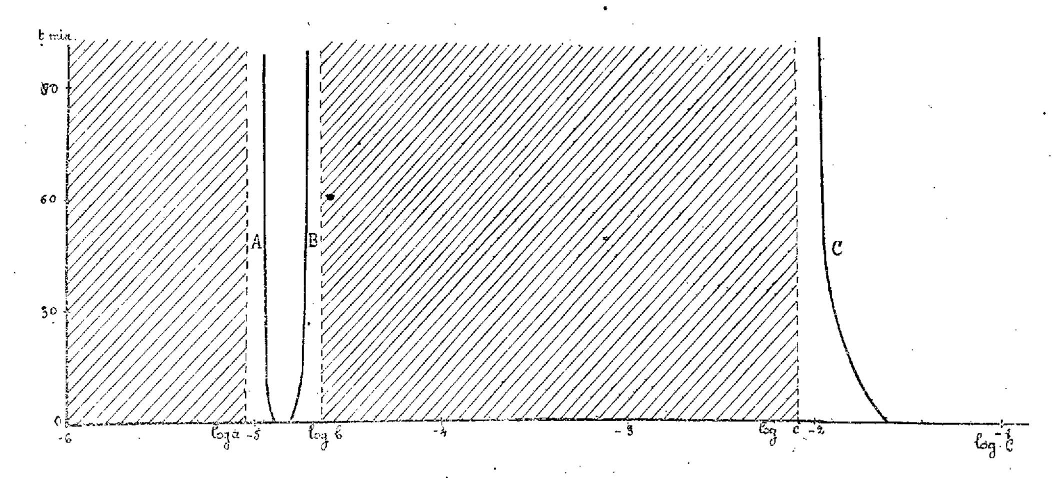
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence de deux zones d'instabilité dans la floculation de certaines suspensions par les électrolytes à cations tri et tétravalents.* Note [1] de M. A. **Boutaric** et Mlle G. **Perreau**, présentée par M. D. Berthelot.

1. Si l'on étudie comment varient les durées t de floculation d'une suspension de gomme-gutte en fonction des concentrations C en chlorure d'aluminium réalisées dans la suspension en en mélangeant un certain volume avec un volume égal d'une solution titrée de $AlCl^3$, on est amené à reconnaître l'existence de deux zones de floculation. Pour une suspension de gomme-gutte à $0^{g},435$ par litre, l'une de ces zones était constituée par les concentrations comprises entre 7.10^{-6} N et 24.10^{-6} N, l'autre par les con-

(1) Séance du 12 juillet 1926.

centrations supérieures à 5.10^{-3} N. Aucune floculation ne se produisait d'une part, pour les concentrations comprises entre 23.10^{-6} N et 5.10^{-3} N et d'autre part pour les concentrations inférieures à 7.10^{-6} N. Les résultats ont été représentés sur la figure. Afin de pouvoir les porter sur le même graphique, on a pris comme abscisses, non les concentrations elles-mêmes, mais leurs logarithmes; les régions couvertes de hachures sont celles pour lesquelles aucune floculation ne se produit.

2. Lorsqu'on étudie la floculation de suspensions de gomme-gutte de plus en plus concentrées, on constate que les branches A et B se déplacent vers la région des fortes concentrations en $AlCl^3$, la branche C vers la région des faibles concentrations. Les branches B et C se rapprochent; pour une concentration suffisante de la suspension, elles se rejoignent en donnant un maximum dont l'ordonnée diminue de plus en plus et finit par devenir nulle.



3. Pour des suspensions ayant même concentration en gomme-gutte, mais constituées par des grains de grosseur différente, on constate qu'un grossissement des granules a pour effet principal d'écarter les branches B et C, c'est-à-dire d'augmenter l'étendue de la zone de non-floculation qu'elles limitent.

4. A partir d'une même suspension primitive A, nous avons préparé : 1° une suspension B_0 obtenue en dédoublant avec de l'eau la suspension A; 2° des suspensions B_1, B_2, B_3, obtenues en ajoutant à 100^{cm^3} de la suspension A, 100^{cm^3} d'une solution électrolytique contenant des quantités q_1, q_2, q_3 de différents électrolytes. Les électrolytes étudiés ont été : H^2SO^4, HCl, KCl, $BaCl^2$, KOH.

L'influence de faibles teneurs en H^2SO^4 se traduit par un déplacement des branches A et C vers la région des faibles concentrations et de la branche B vers la région des fortes concentrations. Pour une même concentration de $AlCl^3$, les durées de floculation diminuent sur les trois branches lorsque augmente la teneur en H^2SO^4. A partir d'une certaine teneur en H^2SO^4, les branches B et C se rejoignent de manière à constituer une branche unique présentant un maximum; si la teneur en H^2SO^4 continue à croître, ce maximum s'atténue et la courbe de floculation se réduit finalement à la seule branche A; la floculation devient instantanée pour toutes les concentrations supérieures au point de raccordement de la branche A avec l'axe des abscisses.

La présence de HCl ou de KCl produit un effet analogue.

La présence de $BaCl^2$ entraîne un déplacement des branches A et B vers la région des faibles concentrations et de la branche C vers la région des fortes concentrations.

La présence de KOH a pour effet de déplacer les branches A et B vers la région des fortes concentrations.

5. Nous avons retrouvé un réseau de courbes analogue dans la floculation de suspensions de gomme-gutte par les sels de cérium, de chrome (sels chromiques), de fer (sels ferriques), de thorium. Dans le cas du cérium, les courbes A et B sont très rapprochées et les concentrations limites *a* et *b* ont des valeurs très voisines. Avec le cérium et le chrome, la courbe C, après avoir touché l'axe des abscisses, se relève, passe par un maximum et s'abaisse à nouveau pour devenir tangente à l'axe des abscisses; quand la concentration en sels de cérium ou de chrome croît à partir de la valeur *c*, la durée de floculation décroît, s'annule, croît, passe par un maximum, puis décroît pour devenir et rester nulle.

6. Les suspensions de résine-mastic donnent, avec les sels précédents, des courbes de floculation ayant la même allure générale que celles fournies par les suspensions de gomme-gutte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Miscibilité des mélanges hydro-alcooliques quaternaires.* Note (¹) de M. P. Brun, présentée par M. G. Urbain.

Au cours de l'étude que nous poursuivons des mélanges hydro-alcooliques, nous avons été conduit à envisager le cas des mélanges de quatre liquides.

(¹) Séance du 5 juillet 1926.

Nous avons donc étudié les mélanges d'eau et d'alcool éthylique avec deux autres alcools, non miscibles avec l'eau, l'alcool isobutylique et isoamylique.

Pour représenter les propriétés de ces mélanges quaternaires, nous avons adopté la figuration tétraédrique. Chaque sommet du tétraèdre correspond à un constituant pur; sur chaque face sont tracées les courbes de miscibilité des quatre combinaisons de trois liquides que l'on peut envisager. Chaque point enfin, situé à l'intérieur de l'espace limité par ces quatre triangles équilatéraux, correspond à la composition d'un mélange des quatre liquides. La figure ci-contre représente les résultats de notre étude. La face Aam-Ab-Ae correspond à un mélange entièrement miscible des trois alcools considérés. L'équilibre du mélange eau-alcool éthylique-alcool isoamylique, étudié par M. Fontein [1], à 0°, sera représenté par la courbe β, C_1, γ, tracée sur la face E-Ae-Aam; le mélange eau-alcool isobutylique-alcool éthylique, étudié antérieurement par nous [2], sera représenté par la courbe α-C_2-δ, que nous avons tracée sur la face E-Ae-Ab. L'étude de la face E-Ab-Aam, correspondant aux mélanges de l'eau et des deux alcools supérieurs, nous montre qu'elle est partagée, par les courbes $\alpha\beta$ et $\gamma\delta$, en deux zones de miscibilité, séparées par une zone de non-miscibilité.

Voici les valeurs en poids pour 100 que nous avons trouvées pour quelques points des courbes $\alpha\beta$ et $\gamma\delta$:

I. — *Courbe* $\alpha\beta$.

Eau	88,00	92,25	95,00	95,5	96,05
$iC^5H^{11}OH$	0,00	1,94	2,50	3,20	3,95
iC^4H^9OH	12,00	5,81	2,50	1,30	0,00

II. — *Courbe* $\gamma\delta$.

Eau	18,00	15,50	12,00	10,75	8,70	9,10	9,00
$iC^5H^{11}OH$	0,00	7,95	21,08	44,62	63,82	79,98	91,0
iC^4H^9OH	82,0	76,55	66,92	44,62	27,48	10,92	0,0

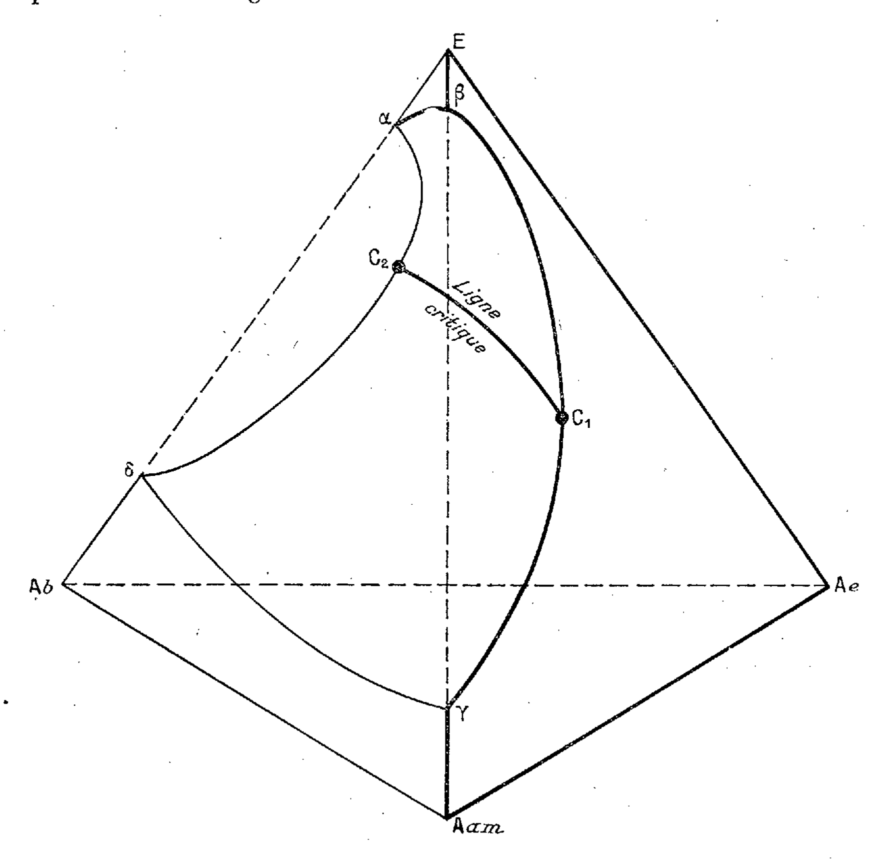
L'étude du tétraèdre limité par ces faces nous le montre partagé en deux solides. La courbe de miscibilité des mélanges ternaires devient une nappe, la nappe de miscibilité [α, β, C_1, γ, δ, C_2, α].

Tout point pris sur cette nappe correspond à un mélange qui est à la limite

---

(1) FONTEIN, *Zeits. f. phys. Ch.*, **173**, 1910, p. 212.
(2) P. BRUN, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1747.

de miscibilité; tout point pris à l'intérieur du solide limité par la nappe et la surface [α, β, γ, δ] correspond à un mélange quaternaire non miscible à la température considérée; tout point pris dans l'autre portion du tétraèdre correspond à un mélange miscible.



Les valeurs des quatre courbes qui limitent la nappe de miscibilité ont été données par M. Fontein pour la portion [β, C_1, γ], par nous, pour les portions [α, C_2, δ] et [αβ] et [γδ]. Voici, en outre, les valeurs trouvées (pour 100) pour quelques points sur la nappe :

Eau	53,08	27,96	24,85	48,05
$iC^5H^{11}OH$	8,79	16,62	33,79	16,60
iC^4H^9OH	18,69	35,48	16,35	8,44
C^2H^5OH	19,43	19,94	24,95	26,90

Enfin le point critique de miscibilité, que nous avions étudié dans le cas des mélanges ternaires, devient, dans le cas des mélanges quaternaires, une

courbe critique de miscibilité : c'est la courbe $C_1 - C_2$, située sur la nappe, et qui joint les points critiques des mélanges ternaires correspondants. Nous nous proposons maintenant de déterminer cette courbe critique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les tartrates de pyridine et de quinoléine.* Note [1] de M. **Pariselle**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude polarimétrique de la neutralisation de l'acide tartrique par une base forte, en solution étendue, donne comme courbe représentative du pouvoir rotatoire moléculaire en fonction de la teneur en alcali, une droite qui part du pouvoir rotatoire de l'acide pour arriver à celui du tartrate neutre, lequel est sensiblement indépendant de la nature de la base. La courbe donnant la dispersion rotatoire entre les mêmes limites est, par suite, un arc d'hyperbole équilatère; elle part de la dispersion de l'acide tartrique (1,19 pour les raies jaune et bleue du mercure), et atteint celle du tartrate neutre (1,79). Au delà, ces deux courbes deviennent parallèles à l'axe des concentrations en alcali.

Ces courbes ne présentant aucune particularité pour l'abscisse correspondant à une molécule de base pour une d'acide, il faut en conclure que les tartrates acides n'ont pas d'existence propre en solution : une solution d'acide tartrique incomplètement neutralisée ne renferme que des ions tartriques divalents et des molécules non dissociées. Ainsi se trouve expliquée l'égalité des chaleurs de neutralisation des deux fonctions acides.

Pour généraliser ces résultats, j'ai étudié par le même procédé la neutralisation de l'acide tartrique par les bases pyridiques, et j'ai cherché à isoler les sels correspondants [2] qui ne sont pas mentionnés dans la littérature chimique.

1° Dans le cas d'un mélange d'eau et de pyridine, la courbe du pouvoir rotatoire moléculaire, en fonction de la concentration en pyridine, s'élève encore presque linéairement et présente un coude brusque (à 6°,7 pour la raie jaune du mercure), pour deux molécules de pyridine et une d'acide; après quoi la montée est très lente et l'on atteint un maximum (7°,3) pour une proportion de pyridine (57 pour 100) qui correspond sensiblement à

(1) Séance du 12 juillet 1926.

(2) Les travaux de Pribram (*B. d. D. Ch. Ges.*, **20**, 1887, p. 9), et ceux de Grosemann et Wieneke (*Zeit. f. phys. Ch.*, **54**, 1905, p. 414), relatifs au pouvoir rotatoire de l'acide tartrique en présence de pyridine, sont très incomplets.

l'azéotrope du binaire eau-pyridine. La courbe redescend ensuite lentement, et après un nouveau coude assez brusque, elle aboutit au pouvoir rotatoire moléculaire de l'acide en solution dans la pyridine pure (3°,5).

La courbe de dispersion se superpose presque exactement à celles obtenues avec les bases alcalines. Partie de 1,19, elle s'élève jusqu'à 1,79 puis reste horizontale; ce n'est que pour des solutions très concentrées en pyridine (au delà de 65 pour 100) que la dispersion s'abaisse pour atteindre 1,17 en milieu anhydre.

Là encore on peut conclure que le tartrate acide de pyridine n'existe pas en solution; seul le tartrate neutre est mis en évidence par les deux courbes et la comparaison avec les sels alcalins montre qu'il est complètement dissocié en milieu aqueux, sauf pour les fortes concentrations en pyridine. Comme dans beaucoup d'autres exemples, on peut remarquer que le solvant pyridine produit une exaltation du pouvoir rotatoire.

En cherchant à isoler les tartrates de pyridine à l'état cristallisé, je n'ai pu obtenir que le tartrate acide, quelles que soient les proportions d'acide et de base mises en présence. C'est un corps très bien cristallisé, très soluble dans l'eau et qui fond vers 150°. En solution aqueuse, il se comporte comme un mélange d'acide et de tartrate neutre et il a un pouvoir rotatoire moléculaire qui, pour la raie jaune du mercure, varie de 4°,6 à 5°,1 selon la concentration; sa dispersion invariable est égale à 1,67. En solution dans le crésol son pouvoir rotatoire moléculaire est de 7°,5 et sa dispersion de 1,8.

2° Dans le cas de la quinoléine, les courbes sont tout à fait analogues aux précédentes mais ne peuvent être tracées dans la partie moyenne, cette base n'étant miscible à l'eau que partiellement. Si l'on s'en tient à la courbe du pouvoir rotatoire moléculaire, le premier tronçon présente un coude dont l'ordonnée n'est que de 5°,5; le tartrate neutre de quinoléine n'est donc pas complètement dissocié en solution aqueuse; quant au second tronçon, il aboutit à une valeur négative (− 1°,7) : le tartrate de quinoléine est donc lévogyre en solution quinoléique.

Ici encore je n'ai pu isoler à l'état cristallisé que le tartrate acide de quinoléine; il se présente sous la forme de cristaux fondant vers 122°. Peu soluble dans l'eau, il présente dans ce liquide un pouvoir rotatoire moléculaire de 3°,9 (raie jaune du mercure) et une dispersion de 1,60. En solution dans le crésol, son pouvoir rotatoire moléculaire atteint 9°,7.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un nouveau dosage colorimétrique du nickel.* Note de M. **A.-P. Rollet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

M. Feigl (¹) a signalé qu'en oxydant au moyen du bioxyde de plomb en liqueur alcaline le précipité que donne la diméthylglyoxime avec un sel de nickel, il se forme une solution douée d'une belle coloration rouge.

En voulant appliquer ce mode opératoire en vue du dosage colorimétrique de petites quantités de nickel je me suis heurté à de nombreuses difficultés; comme de trop longs détails ne sauraient trouver place ici, je ne cite que l'influence de la chaleur qui diminue souvent de façon sensible la coloration due au nickel.

L'emploi à froid des hypochlorites (ou des hypobromites) alcalins m'a semblé éviter beaucoup des inconvénients de la méthode proposée, mais non mise au point par M. Feigl. La coloration obtenue tire davantage sur l'orangé mais elle évolue lentement à la température ordinaire (très vite à chaud), et au bout de deux jours elle est devenue semblable à celle donnée par l'emploi du bioxyde de plomb. Cette évolution cependant n'est pas assez rapide pour qu'il soit possible de déceler une variation sensible de teinte durant les deux premières heures qui suivent la préparation.

Les meilleurs résultats m'ont été donnés par le mode opératoire suivant : En l'absence complète de cobalt et de cuivre la solution à analyser est traitée par l'eau de brome jusqu'à ce que subsiste un très faible excès de brome libre. On ajoute une petite quantité d'ammoniaque de façon à absorber tout le brome, et enfin quelques gouttes d'une solution alcoolique de diméthylglyoxime. La coloration est produite après 1 ou 2 minutes.

En examinant l'essai sous une épaisseur de liquide de l'ordre du centimètre, on peut très facilement mettre en évidence $0^{mg},0005$, soit $\frac{1}{2000}$ de milligramme de nickel dilué dans 1^{cm^3}. Dans un volume plus grand de solution permettant un examen plus aisé on perçoit encore moins de $0^{mg},015$ de Ni dans 100^{cm^3}.

L'emploi d'un colorimètre permet de réaliser d'assez bons dosages si le témoin est préparé simultanément (²) et s'il a sensiblement la même concentration que l'essai il est possible de doser le nickel avec une erreur relative

(¹) *Berichte*, 57, 1924, p. 758.

(²) L'essai et le témoin ne doivent pas avoir été préparés à plus d'une ou deux heures d'intervalle.

qui peut être inférieure à 5 pour 100 entre les limites de $0^{mg},001$ et de $0^{mg},01$ de Ni par centimètre cube de solution.

Voici quelques applications de ce mode de détermination de petites quantités de nickel.

I. *Sels de cobalt.* — Il est préférable de laisser le cobalt en solution sous forme de complexe comme le cobalticyanure de sodium. En comparant l'essai avec une partie de la solution non traitée par la diméthylglyoxime on décèle facilement $0^{mg},01$ de Ni par gramme de cobalt, soit $\frac{1}{100000}$ [1]. Dans le cas du dosage au colorimètre, si la quantité de nickel est très petite (inférieure à 1^{mg} par gramme de Co), la coloration jaune du cobalticyanure fausse les résultats. Il suffit alors d'interposer devant l'œil un écran jaune constitué de préférence par une épaisseur de quelques millimètres d'une solution concentrée de cobalticyanure; l'égalisation des plages se fait alors facilement. L'emploi d'un spectrophotomètre m'a donné de bons résultats (erreur réduite jusqu'à 2 pour 100 et même moins) par la mesure de l'absorption dans une région du spectre voisine de $0^{\mu},55$.

II. *Aciers du nickel.* — Le précipité d'hydroxyde ferrique tend à entraîner le nickel, aussi faut-il prendre soin de former la coloration en même temps que le précipité, c'est-à-dire d'ajouter la diméthylglyoxime avant l'ammoniaque. Après agitation l'examen du filtrat m'a toujours montré la présence de la totalité du nickel. Des résultats satisfaisants ont été obtenus avec des aciers au chrome à 15 pour 100 de Cr et 1 pour 100 de Ni.

III. *Nickel dans les substances organiques.* — Les récents travaux de MM. G. Bertrand et Mâchebeuf [2] ont montré la présence du nickel dans le règne animal. J'ai voulu voir si ma méthode est susceptible de s'appliquer à ce genre de détermination.

Un essai a porté sur une partie des cendres provenant de 500^{g} de foie de bœuf. Le résultat ($0^{mg},145$ de Ni par kilogramme de foie frais ou $0^{mg},400$ par kilogramme de foie sec) se trouve être très voisin des chiffres donnés par MM. G. Bertrand et Mâchebeuf.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *L'action des solutions salines sur les métaux ferreux.* Note de M. **René Girard**, présentée par M. Rateau.

Dans une Note précédente [3] nous avons exposé les résultats obtenus par l'action des solutions de chlorure de sodium sur l'acier et sur les fontes. Les mêmes métaux ont été attaqués suivant la même technique dans diverses

(1) Il est presque inutile de dire que dans ces conditions je n'ai pas pu trouver un sel de cobalt complètement exempt de nickel. Cependant il m'a été possible de purifier du cobalt jusqu'à obtenir une réaction franchement négative.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1380, et **182**, 1926, p. 1305.

(3) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 552.

solutions de sels à des concentrations voisines de celles où ils sont contenus dans l'eau de mer.

I. *Action des solutions de chlorure de magnésium.* — Concentration : 3g par litre.

a. Ces solutions sont aussi agressives que les solutions de chlorure de sodium à 20g par litre.

b. Les fontes ont toujours été moins attaquées que l'acier. En solution désaérée comme en solution aérée, les attaques sont régulières. L'influence accélératrice de l'aération est très nette.

II. *Action des solutions de sulfate de magnésium.* — Concentration : 1g,75 par litre.

Les résultats sont les mêmes que dans le cas précédent, et il n'y a aucune tendance à l'enrouillement avec ces sels de magnésium, qui sont donc très actifs.

III. *Action des solutions de sulfate de calcium.* — Concentration : 1g,8 par litre.

Les expériences ont été prolongées pendant six mois.

a. En solution aérée, l'attaque de l'acier est progressive, sans formation de revêtement protecteur : il y a corrosion. Par contre, il se forme sur les fontes une couche protectrice comme dans le cas du chlorure de sodium, mais plus lentement.

b. En solution désaérée, l'attaque de l'acier tend à se stabiliser : il y a enrouillement. La fonte, comme toujours, s'enrouille plus rapidement. Sa perte de poids est les deux tiers environ de celle de l'acier.

Conclusions. — Ces résultats confirment l'aptitude des fontes à l'enrouillement partiellement protecteur et l'aptitude de l'acier à la corrosion destructive. Ils attirent l'attention sur l'influence de la nature des sels et de l'aération pour l'adhérence des produits de corrosion formés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organomagnésiens sur les éthers glycidiques.* Note de Mlle **Bardon** et Mme **Ramart**, présentée par M. Ch. Moureu.

Les éthers glycidiques possèdent à la fois une fonction éther-sel et une fonction oxyde d'éthylène, on devait donc s'attendre à ce que ces composés puissent donner, sous l'action des organomagnésiens, et suivant les conditions de l'expérience, soit un glycol, si le complexe magnésien réagit sur les

deux fonctions, soit un alcool oxyde d'éthylène, soit encore un éther-alcool, selon que l'une ou l'autre des deux fonctions a une prédilection pour le réactif de Grignard. C'est ce qui se passe, par exemple, avec l'oxyde de propylène acétophènone : le bromure de phénylmagnésium ne réagit pas sur le complexe oxyéthylénique, mais, sur la fonction cétone en donnant un alcool oxyéthylénique (¹).

D'autre part, si la place occupée par la fonction alcool provenant de l'action du magnésien sur le groupe carboxéthyle est fixée, il n'en est pas de même en ce qui concerne la fonction alcool formée aux dépens du complexe oxyéthylénique. L'oxhydrile peut en effet être situé en α ou en β vis-à-vis de la fonction éther-sel.

Dans la présente Note, nous exposerons l'action des dérivés organomagnésiens sur l'éther diphénylglycidique.

D'après ce que nous avons dit, on pouvait envisager pour le glycol l'une ou l'autre des formules

$$\underset{\text{I.}}{(C^6H^5)^2\underset{OH}{C} - \underset{R}{CH} - \underset{OH}{C}{<}^{R}_{R}} \qquad \underset{\text{II.}}{{}^{(C^6H^5)^2}_{R}{>}C - \underset{OH}{CH} - \underset{OH}{C}{<}^{R}_{R}}$$

Pour l'éther-alcool, il pouvait se former l'un ou l'autre des composés

$$\underset{\text{III.}}{(C^6H^5)^2 = \underset{OH}{C} - \underset{R}{CH} - COOC^2H^5}, \qquad \underset{\text{IV.}}{(C^6H^5)^2 = \underset{R}{C} - \underset{OH}{CH} - COOC^2H^5},$$

Action de l'iodure de méthylmagnésium. — Afin d'obtenir le glycol, nous avons condensé 4 molécules de CH^3MgI sur l'éther glycidique. La réaction est très vive; nous avons opéré une première fois entièrement à froid, le ballon étant plongé dans un mélange réfrigérant (glace et sel) pendant toute l'opération. Une deuxième fois, nous avons effectué la condensation en chauffant après que le réactif de Grignard eut été introduit. Dans les deux cas, nous avons obtenu le même produit : un liquide bouillant à 210° sous 23^{mm} et cristallisant dans l'alcool absolu en petits cristaux fondant à 73°.

L'analyse de ce composé correspond à celle d'un éther-alcool. Traité par l'isocyanate de phényle, par HBr en solution acétique, il n'a donné aucun dérivé, le produit primitif a été régénéré.

(¹) Haller et Mme Ramart, *Comptes rendus*, 159, 1915, p. 143.

Saponifié par la KOH alcoolique concentrée, cet éther-alcool a donné un acide fondant à 167°.

D'après ce que nous avons dit précédemment, l'éther-alcool pouvait posséder l'une ou l'autre des formules correspondant aux schémas III et IV.

Or, par une autre voie, MM. Rupe, Steiger et Fiedler (¹) ont obtenu l'acide α-méthyl, β-phényl-β-oxyhydrocinnamique lequel fond à 101°.

Nous pouvons donc assigner à notre acide la formule de l'α-oxy-β-β-diphénylbutanoïque :

$$\begin{matrix}(C^6H^5)^2 \\ CH^3\end{matrix}\!\!>C-CHOH-CO^2H$$

qui n'avait pas encore été signalé.

Action du bromure de phénylmagnésium. — Nous avons répété la même réaction avec C^6H^5MgBr. Nous avons également un éther-alcool, son point de fusion est 130°. Mais, à côté de ce composé il s'est formé en assez grande quantité un produit fondant à 203-205° dont nous poursuivons l'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches relatives à l'action des organomagnésiens sur quelques dialcoylamides grasses.* Note de Mlle **Marthe Montagne**, présentée par M. Urbain.

Dans une précédente Communication (²) M. Blaise et moi avons signalé une réaction anormale des organomagnésiens : le bromure d'éthylmagnésium réagissant en excès sur la tétréthyldiamide glutarique fournit, à côté des produits normaux de la réaction [δ-dicétone et δ-cétone amide], un composé à la fois cétone et amine tertiaire répondant à la formule

$$C^2H^5CO(CH^2)^3\underset{\underset{(C^2H^5)^2}{\|}}{C}-N(C^2H^5)^2.$$

L'oxygène du carbonyle a donc été remplacé par deux radicaux de l'organomagnésien employé :

$$-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-N(C^2H^5)^2 \rightarrow -\underset{\underset{(C^2H^5)^2}{\|}}{C}-N(C^2H^5)^2.$$

Cette transformation est d'ailleurs accompagnée d'un dégagement gazeux

(¹) *Centralblatt*, **1**, 1914, p. 777.

(²) Blaise et Mlle Montagne, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1345.

important. Bouveault [1] et Busch [2] ont déjà observé des réactions analogues, mais ils ne signalent aucun dégagement gazeux corrélatif. J'ai entrepris d'étudier comment se comporte certaines dialcoylamides grasses vis-à-vis des organomagnésiens, afin de rechercher si cette réaction particulière des organomagnésiens est susceptible de généralisation.

Dans la présente Note, je me contenterai d'indiquer les résultats obtenus sans envisager le mécanisme des réactions. J'ai condensé la N-diéthylacétamide, la N-diméthylbutyramide et la N-diéthylbutyramide avec le bromure d'éthylmagnésium et l'iodure de méthylmagnésium et j'ai fait les observations suivantes :

Dans tous les cas la réaction est accompagnée d'un dégagement gazeux important. La réaction normale de formation des cétones varie suivant le magnésien et l'amide employés; le rendement est en général faible et le produit principal de la réaction n'est pas cétonique. La N-diéthylacétamide se conduit d'une manière particulière sur laquelle nous reviendrons.

Au contraire les deux dialcoylbutyramides étudiées donnent des résultats comparables. Elles fournissent des bases tertiaires de formule

$$CH^3CH^2CH^2\underset{\underset{(R)^2}{\|}}{C} - N(R')^2$$

R étant l'alcoyle du magnésien usilisé. L'anhydride acétique est sans action sur ce corps; mais si l'on chauffe leurs chlorhydrates à des températures comprises entre 160 et 200° ils se décomposent en donnant un carbure éthylénique et le chlorhydrate de la base : diméthylamine ou diéthylamine qui a servi à préparer l'amide. C'est ainsi que le chlorhydrate du méthyl-2-diéthyl-amino-2-pentane donne

$$CH^3CH^2CH^2\underset{\underset{(CH^3)^2}{\|}}{C} - N(C^2H^5)^2HCl \rightarrow HN(C^2H^5)^2HCl + CH^3CH^2CH = C(CH^3)^2.$$

La constitution de ces carbures a été établie par oxydation permanganique, on en déduit celle de la base correspondante. Nous avons pu, d'autre part, reproduire synthétiquement le carbure dérivé du chlorhydrate de la base et l'identifier par ses dérivés solides. Enfin la synthèse du méthyl-2-diéthylamino-2-pentane a été réalisée à partir de l'αα-diméthylvalérylamide

$$C^3H^7\underset{\underset{(CH^3)^2}{\|}}{C} - CONH^2$$

---

(1) BOUVEAULT, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **31**, 1904, p. 1322.

(2) BUSCH, *Centralblatt*, **2**, 1910, p. 1460.

La dégradation d'Hoffmann appliquée à cette amide fournit, par l'intermédiaire de l'urée correspondante, le méthyl-2-amino-2-pentane qui est ensuite diéthylé par les méthodes ordinaires.

Au cours du présent travail, nous avons préparé les composés nouveaux suivants :

A partir de la N-diéthylbutyramide et de C^2H^5MgBr : Éthyl-3-diéthylamino-3-hexane $C^3H^7C(C^2H^5)^2 - N(C^2H^5)^2$ bouillant à 98° sous 18^{mm}.

Picrate, F. 97°; chloroaurate, F. 124°; chloroplatinate, F. 175°.

A partir de la diéthylbutyramide et de CH^3MgI : méthyl-2-diéthylamino-2-pentane $C^3H^7C(CH^3)^2 - N(C^2H^5)^2$ bouillant à 170° sous 760^{mm} et à 60° sous 14^{mm}.

Picrate, F. 124°; chloroplatinate, F. 207°; chloroaurate, F. 82°.

A partir de la diméthylbutyramide et de CH^3MgI : méthyl-2-diméthylamino-2-pentane $C^3H^7C(CH^3)^2 - N(CH^3)^2$ bouillant à 140-142° sous 760^{mm}.

Picrate, F. 214°; chloroaurate, F. 103°; chloroplatinate se décompose au-dessus de 230°.

La réaction avec l'iodure de méthylmagnésium présente une particularité intéressante. Avec chacune des dialcoylbutyramides étudiées, elle donne lieu à la formation de deux bases : l'une d'elles est la base normale décrite plus haut, l'autre possède une chaîne carbonée contenant 1^{at} de carbone de plus. Le carbure éthylénique obtenu à partir du chlorhydrate de cette base est un carbone à 7^{at} de carbone. La formation de cette base anormale, dont je poursuis l'étude, semble dépendre de la présence d'iodure de méthyle libre dans le mélange en réaction et la quantité formée semble être proportionnelle à la quantité de cet halogénure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la transposition de groupements fonctionnels.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **Jean Miliotis**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans un travail antérieur (1), en collaboration avec M. Courtot, l'un de nous a signalé un cas de transposition du groupement fonctionnel carboxyle. Nous avons entrepris les présentes recherches dans le but d'étudier la migration du groupement fonctionnel alcool primaire sous forme d'éther-

(1) Blaise et Courtot, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 35, 1906, p. 362.

oxyde. Il existe un exemple d'une telle transposition : Hoffmann (1), en effet, appliquant à l'éthoxyacétamide sa méthode de dégradation des amides par le brome et la soude, obtint non pas l'éthoxyméthylamine qu'il attendait mais l'uréide $CO\langle {NH CH^2 O C^2 H^5 \atop NH CO CH^2 O C^2 H^5}$.

Après les travaux de Mauguin (2) sur le mécanisme de la transposition d'Hoffmann, la formation de cette uréide est manifestement due à la transposition du groupement fonctionnel éther-oxyde d'alcool primaire.

Jeffreys (3), appliquant la méthode d'Hoffmann à des amides de poids moléculaire élevé, dut la modifier pour éviter les réactions secondaires qui tendent à prendre une place prépondérante. Elle fit agir le brome en présence d'alcoolate de sodium et obtint ainsi les uréthanes qui, par hydrolyse, conduisent aux amines correspondantes.

Nous avons appliqué la méthode de Jeffreys à l'éthoxyacétamide et obtenu des alcoxyuréthanes dont la formation montre que le groupement fonctionnel éther-oxyde d'alcool primaire subit la transposition d'Hoffmann, exactement comme les radicaux alcoyles des amides étudiées par Jeffreys.

Nous avons, en effet, la série suivante de transformations :

$$\begin{matrix} CH^2 - CONH^2 \\ | \\ OC^2H^5 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH^2 - CON\langle {Br \atop Na} \\ | \\ OC^2H^5 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH^2 - CON\langle \\ | \\ OC^2H^5 \end{matrix}$$

$$\rightarrow \begin{matrix} O = C = N - CH^2 \\ | \\ OC^2H^5 \end{matrix} \rightarrow RO CO NH CH^2 O C^2 H^5.$$

Ces recherches avaient, en outre, l'intérêt de préparer quelques alcoxyuréthanes mal connues jusqu'à ce jour. Curtius (4), dans un travail important sur les acides, décrit l'éthoxyuréthane comme une masse visqueuse qu'il n'a pu distiller et n'a pas analysée; il déduit sa constitution du fait que l'hydrolyse sulfurique de ce produit fournit de l'aldéhyde formique. Les alcoxyuréthanes préparées par nous sont des liquides incolores, mobiles, bouillant très régulièrement ; l'éthoxyuréthane méthylique

$$C^2 H^5 O CH^2 NH CO O CH^3$$

bout à 97° sous 16^{mm} ; l'éthoxyuréthane éthylique

$$C^2 H^5 O CH^2 NH CO O C^2 H^5$$

(1) Hoffmann, *Ber. der Chem. Ges.*, **18**, 1885, p. 2734.
(2) Mauguin, *Ann. de Chim. et de Phys.*, **22**, 1911, p. 297.
(3) Jeffreys, *Ber. der Chem. Ges.*, **30**, 1897, p. 898.
(4) Curtius, *Centralblatt*, **2**, 1917, p. 595.

bout à 105° sous 16mm. Le rendement est théorique pour la première et varie de 75 à 85 pour 100 pour la seconde.

Dans le but de vérifier la constitution des alcoxyuréthanes, nous en avons fait l'hydrolyse ménagée par chauffage modéré avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique à 1 pour 100. L'alcoxyuréthane est entièrement hydrolysée; on obtient quantitativement l'aldéhyde formique et exclusivement de l'alcool éthylique, qu'il s'agisse de l'éthoxycarbamate de méthyle ou de l'éther éthylique correspondant. En outre, se forme dans les deux cas le produit de condensation de l'aldéhyde formique avec le carbamate de méthyle ou le carbamate d'éthyle mis en liberté. Nous n'avons pu déceler aucune trace de chlorhydrate d'ammoniaque ni d'acide carbonique. La rupture de l'uréthane peut donc s'interpréter de la façon suivante. Dans une première phase, la molécule se coupe en donnant naissance à de l'aldéhyde formique, de l'alcool éthylique et du carbamate de méthyle ou du carbamate d'éthyle

$$\begin{array}{l} C^2H^5O - | - CH^2 - | - NHCO^2R. \\ \quad\; H - | - O - | - H \end{array}$$

Dans une seconde phase, ces deux derniers corps réagissent sur l'aldéhyde formique pour donner la méthylènediuréthane

$$\begin{array}{l} RO - CO - NH - | - H \\ RO - CO - NH - | - H \end{array} \!\!\!> O = | = CH^2 \rightarrow CH^2 \begin{array}{l} \diagup NHCOOR \\ \diagdown NHCOOR \end{array}.$$

L'aldéhyde formique qui n'a pas réagi dans la seconde phase a été dosée au moyen d'une solution décinormale d'iode.

Nous nous proposons d'étendre cette étude à quelques autres éthoxyamides.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie des Bouches de Cattaro (Yougoslavie).* Note de M. **Jacques Bourcart**, transmise par M. H. Douvillé.

Au cours de l'année 1924, le Ministre de l'Instruction publique me confia une mission afin d'éprouver, en étudiant la région des Bouches de Cattaro, la valeur de l'explication générale que j'avais proposée dans trois Notes présentées à l'Académie (1) pour les faits morphologiques contradictoires que l'on observe sur la côte dalmate.

---

(1) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 953, 1086, 1298.

Ce curieux pays est malheureusement resté en dehors de l'activité féconde du Service géologique autrichien. A ce point de vue, il n'est connu que par la carte de Hauer et Stache (1869). J'ai donc dû, à défaut de publications de l'éminent géologue, G. von Bukowski, qui en était chargé avant guerre, en établir la constitution stratigraphique d'une manière au moins provisoire. Je me plais à reconnaître que j'ai surtout pu le faire en prolongeant pas à pas vers le Nord les contours de la célèbre carte de Budua qu'il publia en 1904.

Les terrains qui affleurent dans la région des Bouches appartiennent à trois zones tectoniques que j'ai, à la suite de Kossmat, antérieurement définies [1]. Ce sont : I, *la série autochtone;* II, *la zone des écailles*, dite *du Cukali;* III, *la nappe des Alpes albanaises;* la zone II est charriée sur la zone I des Canali à Scutari, la zone III sur la zone I de Raguse aux Canali, puis elle chevauche la zone II.

La zone autochtone est constituée : 1° par la Dolomie de Raguse (Cénomanien), contenant à la partie supérieure des intercalations calcaires à *Chondrodonta Joannæ;* 2° par le Calcaire à Rudistes (*Radiolites*), probablement entièrement turonien; 3° par un niveau, peu puissant, de calcaires crayeux ou compacts avec des sections de Gastéropodes saumâtres, qui indique la lacune de Cosina; 4° par une puissante série de calcaires lutétiens. La partie inférieure de celle-ci contient *Nummulites distans* Desh. [2] et quelquefois *Num.* cf. *complanatus* Lk; la partie moyenne renferme en abondance *Num. perforatus* Montfort (=*aturicus* Joly et Leym.); la partie supérieure contient des nodules marneux et en grande abondance *Num. atacicus* Leym. et de nombreuses Orthophragmines.

Sur cette série de calcaires, qui forment un anticlinal incomplet, reposent des couches marneuses, gréseuses et enfin des conglomérats (*Ostri* Vrh); les grès contiennent, dans la Župa notamment, *Num. incrassatus* de la Harpe et *Num. Fabiani* Prever. Cet ensemble, formant un synclinal dont le flanc inverse apparaît rarement, appartient au Bartonien; les derniers termes peuvent atteindre l'Oligocène inférieur.

La zone II est formée d'une série d'écailles qui chevauchent directement le Bartonien de la zone autochtone. Le Carbonifère supérieur marin ou le

---

(1) JACQUES BOURCART, *Observations nouvelles sur la Tectonique de l'Albanie moyenne* (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4e série, 25, p. 391-428, 5 figures, 1 carte et planche hors texte).

(2) Les Foraminifères que j'ai recueillis ont été déterminés par M. R. Abrard.

Werfénien de Budua n'affleurent pas dans les Bouches; on y reconnaît : 1° le Virglorien, dolomitique à Ercegnovi et formé de calcaires coralliens et à Encrines, au Devesile et au Vermač; le facies gréseux de Budua n'apparaît pas dans les Bouches; 2° une puissante série de calcaires en plaquettes, de couches de silex et de radiolarites, de tufs volcaniques qui, contenant à Budua *Daonella Lommeli*, représente le Ladinien; le Carnien formé de calcaires très fins, en plaquettes, roses, avec des lits continus de radiolarites; quelques plaquettes montrent de mauvaises empreintes d'*Aptychus*. En certains points (Kameno), au-dessus de ces calcaires, des calcaires gris fins contiennent des Polypiers et *Daonella styriaca* Mojs.; la Grande Dolomie les surmonte.

Ces divers termes sont recouverts en transgression par une brèche calcaire contenant soit des fragments, soit des individus entiers, de *Radiolites*; enfin par une série, très variable au point de vue lithologique, de schistes contournés et plissotés, de grès fins à hiéroglyphes, souvent cloisonnés de calcite ou contenant de petits cubes de calcaires, et de cette fine brèche calcaire à pyrite qu'on appelle le *granito*. La surface des dalles de de flysch porte des empreintes de Fucoïdes, de pistes et de déjections d'Annélides et enfin *Num. vascus* Joly et Leym., *N. Bouillei* de la Harpe, *N. Fabiani* (forme A) Prever, *N. incrassatus* de la Harpe (= *Rosai* Tellini). Cette faune indique le Bartonien supérieur ou même l'Oligocène inférieur. D'autres plaquettes m'ont donné *Assilina mamillata* d'Archiac et *Operculina complanata* Defr. qui normalement indiqueraient un niveau bien inférieur.

Ce flysch correspond exactement comme âge et comme faune aux couches supérieures du synclinal autochtone.

La nappe albanaise (III) est exclusivement calcaire ou dolomitique. Elle est constituée, de Budua à Cattaro, par la Grande Dolomie et le Calcaire du Dachstein, à Risano et au Radostak par des calcaires oolithiques à Nérinées jurassiques. Le Lias qui, à Raguse, sépare ces deux niveaux est difficile à mettre en évidence (Dobrota?). Cette nappe forme un rebord vertical, très élevé, sculpté en lapiez et par conséquent d'une étude difficile. Un niveau constant de flysch la sépare de la zone II.

Il faut encore mentionner, dans cette esquisse de la stratigraphie des Bouches, le Quaternaire, représenté par des dépôts de *terra rossa*, par les cailloutis de la Sutorina, les brèches d'éboulis, enfin par des marnes lacustres avec des Gastéropodes d'eau douce (Kameno) que recouvrent les dépôts des glaciers de l'Orjen.

VULCANOLOGIE. — *Éruption du piton de la Fournaise (décembre 1925 à avril 1926).* Note de M. **Paul Caubet.**

L'éruption a duré près de quatre mois, du 30 décembre 1925 au 20 avril 1926 (1).

Elle a été marquée par des phénomènes lumineux très accentués : l'embrasement du ciel était visible de Saint-Denis dans les premiers jours de janvier et au début d'avril et de la Plaine des Palmistes du 10 au 14 janvier.

En tenant compte de ces diverses sources de renseignements, on peut se représenter ainsi la physionomie de l'éruption et ses diverses phases. Le 30 décembre 1925, une grande fente longue de plus de 100m s'est produite au fond du Cratère Dolomieu, sans qu'il y ait eu par cette craquelure émission de laves : quelques fumerolles seulement s'en échappaient encore à la fin de mai.

Une fente horizontale s'est ouverte au même moment sur le flanc externe du Grand Piton au Sud-Est (direction Tremblet), à 100m environ du sommet, ce qui représente une altitude presque égale, quoique légèrement inférieure, à celle de la fente placée au fond du Cratère. De cette fente externe s'échappait une coulée puissante, d'une largeur de plus de 200m : sa marche, rapide au début, s'est ensuite très ralentie, pour s'arrêter complètement vers le 20 janvier, à 7km de la route.

Une reprise d'activité eut lieu au début de février 1926 : les laves se sont épanchées par la même fente qu'en décembre 1925, mais, cette fois, la coulée s'est divisée en deux branches vers l'altitude de 2100m, l'une allant dans la direction du Tremblet (kilomètres 77-78), une deuxième vers le milieu du Grand Brûlé (kilomètre 75); ces deux coulées, d'une largeur de 250m, se sont arrêtées aussi à 7km de la mer.

De petites fentes en forme de déchirures se sont ouvertes au même moment un peu plus bas, vers 2100m d'altitude. Des puys de projection jalonnent leur pourtour.

---

(1) Les observations ci-dessus, faites du 26 au 28 mai au cours d'une excursion dans l'Enclos par le Pas de Bellecombe, ont modifié beaucoup les données fournies par la Gendarmerie de Sainte-Rose, qui avait examiné le volcan des abords de la route nationale et que j'ai données dans une Note présentée à l'Académie le 22 février 1926 (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 505) [A. Lacroix].

Au début d'avril, après des phénomènes lumineux très accentués, est apparue une grande fente radiale sur le flanc Nord-Est du Grand Piton, à 200^m du sommet; la coulée qui s'en échappait mesurait environ 100^m de large; de marche très rapide au début (19 avril), elle s'est bientôt ralentie et finalement arrêtée à une distance d'au moins 6^{km} de la route nationale.

En résumé, aucune des trois coulées émises par les deux fentes formées au cours de l'éruption n'a atteint non seulement la mer, mais même la route nationale.

L'intérieur du Cratère a été légèrement modifié, sans que pourtant sa topographie se soit trouvée complètement remaniée.

Les échantillons de laves prélevés sur les coulées de décembre 1925 et d'avril 1926, à une certaine profondeur, se rapportent tous à l'hyalo-basalte ou basalte normal décrit par M. Lacroix et ne paraissent pas renfermer d'océanite.

PÉDOLOGIE. — *La genèse des terres noires et des autres sols des environs de Clermont-Ferrand.* Note de M. V. **Agafonoff.**

Pour commencer l'étude de la genèse des sols du Plateau Central, j'ai prélevé les échantillons des terres noires de Limagne, à quelques kilomètres à l'est de Clermont-Ferrand, dans les champs de Pierrelongue, à quelques centaines de mètres du forage pétrolifère. Le sol, épais au moins de 2^m, est coloré en brun noirâtre; cette teinte se dégrade avec la profondeur. La constitution physique de ce sol est assez fine (voir dans le Tableau I_a, I_b, I_c,), mais il contient une grande quantité de scories andésitiques (voir I_c) à divers états de décomposition, jusqu'à transformation complète en boules de terre fine; ces scories sont généralement bien roulées (influence du ruissellement postérieur). Les scories les plus fraîches (voir analyse I_d) sont noires à l'intérieur et assez dures; toutes sont couvertes d'une couche superficielle jaune brunâtre; parfois dans ces scories on trouve des inclusions de calcaire visibles à l'œil nu. L'examen microscopique montre que ces scories sont des andésites, contenant des feldspaths assez basiques, du péridot, de la hornblende (parfois en grands cristaux), de l'augite, de la magnétite, un verre volcanique, et en quantité beaucoup plus petite, des cristaux d'apatite.

Outre la terre fine et ces scories, ce sol contient des morceaux anguleux

et assez frais de feldspath, de granite bien albitisés, très peu de mica et de calcaire.

Tout cela indique déjà que cette terre noire de Limagne provient de la décomposition, sous l'influence des agents atmosphériques et biologiques, en premier lieu des scories andésitiques; nos analyses chimiques (voir le tableau) transforment cette hypothèse en fait indubitable. En allant de la scorie (I_d), puis des couches plus profondes du sol (I_c — $1^m,5$ de profondeur, I_b — 1^m de profondeur) jusqu'à la surface (I_a), nous voyons l'enrichissement successif des constituants solubles dans la solution bouillante de HCl à 10 pour 100 (30 minutes) (¹); au contraire la quantité totale de SiO^2 baisse aussi successivement.

	I_a sol.	I_b s. pr. 1^m.	I_c s. pr. $1^m,5$.	I_d scorie.	II_a sol.	II_d scorie.	III_a sol.	III_d scorie.
u et autres vapeurs à 105°-110°...	6,8	3,7	3,5	6,3 (pour les trois lignes)	7	2,4	3,8	3 (pour les trois lignes)
e au feu (matières charbonneuses l'eau de constitution)...........	9,4	3,8	6,8		6,1	18,2	12,6 (pour les deux lignes)	
....	5,4	4,5	2	2,4	12,4	2,3		
age des éléments solubles après l'attaque (30 minutes) de HCl à 10 %:								
$O^3 + Al^2O^3$....................	10,7	9,7	10,2	4,7	12,9	11,2	non dosés	
O............................	7	7,3	2,4	2	16,7	13,8	»	
O............................	2,3	1,4	1,5	1	2,3	1,8	»	
....	0,3	0,12		non dosés			»	
épôt insoluble................	58,5	70	74,4	83,8	42,1	49,5		
Total......................	100,4	100,52	100,8	100,2	99,5	99,2		
e fine (diamètre des grains <$0^{mm},3$) omposant :								
able..........................	69 (pour les deux lignes)	38	42	»	69,2	»	16	54 (pour les deux lignes)
gile..........................							38	
² dans le sol total...............	44,6	n. dosé	49,1	51,3	41,8	35	»	56,2
dans le sable.................	n. dosé	»	»	»	»	»	53,7	»
dans l'argile.................	»	»	»	»	»	»	27,8	»
⁵ dans le sol total...............	0,39	»	0,15	0,4	0,29	0,08	»	0,04
dans le sable.................	n. dosé	»	»	»	»	»	0,34	»
dans l'argile.................	»	»	»	»	»	»	0,1	»

Un échantillon d'un autre sol a été prélevé à $1^{km},5$-2^{km} du premier, près du pied du volcan éteint Crouelle. Ce sol (II_a) moins épais, plus clair, a la même structure que le sol I : terre fine dans laquelle se trouvent les morceaux

(¹) Les alcalis, manganèse et titane, n'étaient pas dosés vu leurs faibles quantités.

des scories andésiques de même type que dans le sol I; mais ces scories (II_d) sont généralement moins décomposées, plus dures et anguleuses, beaucoup plus riches en quartz, et surtout en calcaire. La quantité des morceaux de ces minéraux à l'état « libre » est beaucoup plus grande dans ce sol que dans le sol I. On trouve dans les scories II_d, beaucoup plus que dans les autres, de la matière charbonneuse brillante (bitume sec). Dans ce sol de Crouelle (II_a) on rencontre aussi beaucoup plus de fragments de coquilles que dans le sol I et parfois même on trouve des empreintes de mollusques dans les boules de terre gris brunâtre; deux hypothèses peuvent l'expliquer : ou cette matière s'est déposée à l'état demi-fluide, ou bien dans le fond d'un lac. L'analyse chimique de ce sol (II_a) et de sa scorie (II_d) nous montre aussi nettement qu'il provient de la décomposition de la scorie II_d; la quantité de SiO^2 plus grande dans le sol II_a, que dans sa scorie, peut être expliquée par la présence assez abondante dans ce sol de cristaux libres de quartz.

L'échantillon du troisième sol (III_a) était pris par M. L. Glangeaud sur la coulée basaltique à 2^{km} au sud de Clermont-Ferrand. Le caractère général du sol est le même : c'est la terre fine dans laquelle se trouvent les scories (III_d), beaucoup plus dures et moins décomposées que les précédentes. L'analyse microscopique a montré que ces scories basaltiques sont constituées par des feldspaths très basiques, de l'olivine et un verre volcanique, mais on ne trouve ni calcaire, ni apatite. La terre fine de ce sol se compose d'argile (27,8 pour 100) et de sable (53,7 pour 100); dans l'argile on trouve 0,1 pour 100 P^2O^5, dans le sable 0,34 pour 100, dans la scorie seulement 0,04 pour 100. Cela nous montre que l'origine de l'acide phosphorique dans les sols des environs de Clermont-Ferrand ne doit pas être exclusivement recherchée dans les scories, mais aussi dans le sable volcanique de ces sols (II_a et III_a).

En résumé : les divers sols des environs de Clermont-Ferrand, les terres noires et autres sont formés par décomposition des différentes projections volcaniques, parmi lesquelles les scories jouent un rôle prédominant.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur les sources radioactives du Puy-de-Dôme*. Note de M. **Ch. Jacquet**, présentée par M. D. Berthelot.

Nous avons caractérisé et dosé l'émanation du radium, suivant le mode opératoire déjà décrit (¹), dans les eaux de Châteauneuf-les-Bains (6-10 juillet 1926), Saint-Priest-des-Champs (30 juin-3 juillet 1926), Martres-de-Veyre et Sainte-Marguerite (16-21 mai 1925, 6-13 juillet 1926).

1. Châteauneuf s'étend sur une masse granulitique bordée à l'Ouest par le granite normal et butant à l'Est par faille contre les tufs orthophyriques du Culm. Ces roches sont traversées par de nombreux filons de microgranulite et de quartz à galène notamment; c'est, en conséquence, une région très fracturée. L'eau minérale sourd par les nombreuses diaclases des roches. La radioactivité des eaux est en rapport avec celle des roches.

Sources	Température.	Débit en litres par heure.	Conductivité multipliée par 10^{-3}.	Émanation du radium en millimicrocuries par litre d'eau.
S. Laplace	18°,0	250	4,15	1,51
S. Chambon-Lagarenne	16,0	150	2,77	0,21
Buvette Chambon-Lagarenne	18,3	430	2,59	1,69
S. Adam n° 1	15,6	500	2,84	0,94
S. Adam n° 2	14,8	40	2,70	0,91
S. de la Rotonde	27,9	non mesuré	2,69	0,73
S. Chevarier	31,2	760	2,77	1,04
S. du Petit-Rocher	32,0	non mesuré	3,13	1,39
S. Marie-Louise	32,6	non mesuré	3,13	1,22
S. du Petit-Rocher (Buvette)	24,0	105	2,91	2,77
S. du Grand-Rocher	13,7	325	3,62	2,96
S. Desaix	13,2	55	3,47	5,33
S. Clémence	13,0	40	3,92	0,92
Bain tempéré	33,2	non mesuré	3,76	0,28
Grand Bain chaud	33,2	non mesuré	3,92	1,89
S. César	23,7	non mesuré	3,92	0,96
S. Jules	29,0	non mesuré	3,82	3,87
Buvette de la Pyramide	22,8	20	3,79	1,68
S. le Pré	17,1	245	2,29	1,41
S. Lefort	33,1	1500	3,73	0,31
S. du Pavillon	14,8	160	4,27	1,79
S. du Petit-Moulin n° 1	16,0	70	4,03	0,21
S. du Petit-Moulin n° 2	13,1	150	3,13	2,06

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1398.

2. La région granitique de Saint-Priest-des-Champs est traversée, au-dessous de Buffévent, par un filon de quartz NNE-SSW, recoupé en son milieu par le vallon du colis. En aval de ce filon sourdent plusieurs sources à la faveur de nombreuses diaclases des roches. Des dégagements gazeux s'observent sur une assez grande surface et dans le lit même du ruisseau Colis. La radioactivité est également ici en relation avec celle des roches,

Sources.	Température.	Débit en litres par heure.	Conductivité multipliée par 10^{-3}.	Teneur en millimicrocuries par litre.
		Rive droite.		
S. Maniol............	11°,4	non mesuré	3,60	0,65
Fontaines du Chemin..	10,0	130	1,31	5,50
		Rive gauche.		
N° 1.................	12,0	non mesuré	1,31	0,10
2.................	12,8	»	2,01	0,70
3.................	9,7	»	1,46	2,91
4.................	11,3	»	2,32	1,44
5.................	10,4	»	2,79	0,17

3. Les sources des Martres-de-Veyre (Pont-de-Longue, Saladi) et de Sainte-Marguerite sortent d'une faille qui fait apparaître l'arkose de la base du Tertiaire et le granite sous-jacent, très visible à Sainte-Marguerite où il présente lui-même un filon de microgranulite donnant naissance aux sources.

A 200^m amont du pont de Mirefleur, sur la rive gauche de l'ancien lit de l'Allier et dans le lit même, plusieurs sources dont la source des Roches, dont le débit, déjà élevé, pourrait encore être augmenté.

A 500^m à l'ouest du pont, est la source des Loches, dans une prairie marécageuse où nous avons constaté une végétation maritime importante (*Glaux maritima*, *Plantago maritima*, *Glyceria distans*). La faille donnant naissance à ces eaux est masquée par les alluvions. La présence de filons de microgranulite et de quartz est possible dans cette région ; ces filons feraient suite à ceux du massif Saint-Yvosine-Moidas; un filon analogue apparaît d'ailleurs à Sainte-Marguerite. La forte radioactivité de ces eaux serait empruntée à un élément radifère inclus dans le quartz.

Sources.	Température.	Débit en litres par heure.	Conductivité multipliée par 10^{-3}.	Teneur en millimicrocuries par litre.
		S. du pont de Longue.		
S. sous le pont	22°,5	non mesuré	6,66	3,41
S. Petitjean	22,7	390	6,66	2,17
S. nouvelle	22,7	non mesuré	6,66	4,66
S. Blavy	23,3	non mesuré	6,66	1,51
S. du Tambour	23,3	130	6,66	2,02
S. du Saladi (W. du chemin)	21,0	non mesuré	6,66	0,57
S. du Saladi (E. du chemin)	24,3	non mesuré	6,66	0,55
		Établissement Sainte-Marguerite.		
S. La Boudeuse	24,0	non mesuré	7,52	0,19
S. Le Valois	25,3	400	6,66	0,46
S. du Héron	16,9	300	6,66	1,37
S. nouvelle	20,8	240	6,99	0,64
S. des Bains	13,1	20	6,66	1,12
S. de la Chapelle	14,8	160	2,77	1,33
S. des Roches	17,0	1000	1,11	8,00
S. des Loches	21,3	120	6,80	**85,40**

La radioactivité de la source des Loches, un peu plus faible que celle de Châteldon-Montagne, la met au second rang des eaux radioactives françaises. Le dosage du radium et du thorium dans l'eau de plusieurs sources et celui de l'émanation du radium dans les gaz sont en cours d'exécution.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les mouvements généraux de l'air atmosphérique en Afrique Occidentale.* Note de M. **Henry Hubert**.

En Afrique occidentale, dans la tranche d'atmosphère actuellement accessible à nos investigations (au-dessous de 6000-8000^{m}), on observe, sur une même verticale, deux, trois ou quatre courants aériens superposés (avec zones marginales en biseau). Chacun de ceux-ci est formé par une masse d'air grossièrement horizontale, animée d'une vitesse moyenne assez régulière, suivant une direction moyenne assez constante. Aux courants que j'ai déjà décrits (brises locales, alizé, contre-alizé, mousson, harmattan) il convient d'ajouter un courant supérieur, probablement de l'Ouest, qui constitue en hivernage un plafond au-dessus de l'harmattan. Si, dans chacun de ces courants, la température diminue progressivement de la base

au sommet, celle de la base apparaît comme un caractère spécifique, du moins si on la compare à celle du sommet du courant immédiatement inférieur.

Dans chaque courant, outre le mouvement d'ensemble qui le caractérise, il y a une infinité de petits mouvements, irréguliers et saccadés, mis en évidence à Dakar au moyen de mobiles très légers et analysés grâce à des appareils ou des repères appropriés. Malgré leur allure désordonnée, on peut, en un point et pendant un temps déterminé (minute, heure), faire la somme de ces mouvements et en déduire la valeur moyenne de chaque composante (horizontale et verticale) dans les conditions d'observation.

En Afrique occidentale, et dans presque tous les cas, les deux composantes ont, *à la fois*, une valeur moyenne appréciable. Aux heures correspondantes des jours d'une même saison, chacune des deux composantes moyennes est comparable à elle-même pour une même zone d'un même courant, et chaque courant reste spécifiquement différencié, par rapport aux autres, par l'ensemble des valeurs moyennes de ses composantes à un moment donné.

Les variations générales de la composante horizontale (vent) considérées au voisinage du sol sont soit d'ordre rythmique, saisonnier ou quotidien (en fonction de la position du Soleil), soit accidentelles (influence de la pression, grains, etc.). En altitude, ces variations sont influencées par des frottements contre les masses d'air voisines, par des variations de la composante verticale, etc.

La composante horizontale s'annule rarement : périodes de renversement des vents, zone comprise entre la mousson et l'harmattan, cheminées de courants ascendants exceptionnels dans l'harmattan.

Entre deux points voisins situés sur la même verticale, les variations de la composante verticale (courants ascendants dans le cas où celle-ci est positive) sont fonctions de la différence des températures entre ces deux points. Suivant le sens de cette différence, la composante verticale peut être positive ou négative. Elle s'annule au profit de la composante horizontale, soit au contact de la base d'un courant supérieur relativement très chaud (harmattan sur alizé, courant supérieur de l'Ouest sur harmattan), soit lorsque, dans l'harmattan, l'extension verticale d'un cumulo-nimbus ne suffit pas pour diminuer la pression interne consécutive aux apports de la base (formation d'alto-cumulus et de fracto-nimbus). La composante verticale est encore nulle à la base d'un courant aérien (et au niveau du sol toujours) lorsqu'un gros appel d'air est nécessaire pour satisfaire à l'extension de ce courant en direction et en altitude.

Il n'est pas possible d'entrer ici dans le détail des mouvements étudiés. Le tableau schématique suivant, correspondant à des valeurs approximatives pour une journée moyenne à Dakar, vers 10h du matin, est donné à titre de première indication.

Saison sèche :	Alizé (NNE).				Limite	Harmattan (E).		Limite	Contre-alizé (SW).
Altitudes (m) :	0.	2.	400.	800.	2 courants.	1000.	1000 à 3000.	2 courants.	3000.
osante horizontale (m/sec).	4	5	10	10	6	4	5-8	6	10
osante verticale (m/sec)...	0	0,5	0,5 à 1,5		0	0		0,5 à 1,15	
ératures...............	22°	22°	19°	16°	15°	23°	23° à 5°	5°	<0°

Hivernage :	Mousson (SW à W)				Limite	Harmattan (E).		Limite	Courant supér. de l'ouest.
Altitudes (m) :	0.	2.	400.	800.	2 courants.	1000.	1000 à 6000.	2 courants.	6000.
osante horizontale (m/sec).	2	3	5	5	0	6	8-12	6	10 (?)
osante verticale (m/sec)...	0		0,5 à 1,0			0,5 à 2,5		0	?
ératures...............	28°	28°	25°	22°	20°	18°	18° à —20°	—20°	—10°

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches biochimiques sur la composition du* Salix triandra *L. Obtention de rutoside, d'asparagine et d'un nouveau glucoside à essence, hydrolysable par l'émulsine, le salidroside.* Note de MM. **M. Bridel** et **C. Béguin**, présentée par M. L. Guignard.

Depuis la découverte du salicoside (salicine) par Leroux, en 1829, dans le *Salix Helix* L., de très nombreuses espèces du genre *Salix* ont fait l'objet de recherches variées, dont plusieurs ont abouti à l'extraction, à côté du salicoside, de glucosides différents.

Le *Salix triandra* L semble avoir échappé jusqu'ici à ces investigations, puisqu'on ne le trouve signalé que dans un Mémoire de Braconnot, de 1830, qui le range dans les espèces de *Salix* ne renfermant pas de salicoside. Cette observation de Braconnot est exacte et c'est peut-être à cause d'elle que le *Salix triandra* L a été négligé de tous.

Le *Salix triandra* L est un arbrisseau très commun dans les endroits humides. Il se distingue facilement des autres espèces voisines par la présence de stipules persistantes et bien développées à la base des feuilles, et parce que les rameaux jeunes dégagent, quand on en blesse l'écorce, une odeur agréable rappelant celle de la rose. Cette odeur caractéristique est d'ailleurs connue d'un certain nombre de botanistes et c'est M. C. Charaux qui l'a signalée à l'un de nous comme devant provenir d'un glucoside à

essence, qui se dédoublerait au moment où l'on froisse l'écorce. Disons immédiatement que M. Charaux avait parfaitement observé les faits.

Nous avons appliqué à diverses parties du *Salix triandra* L. la méthode biochimique combinée à l'émulsine et à la rhamnodiastase. Cette méthode nous a permis de déceler, dans les feuilles, un glucoside hydrolysable par la rhamnodiastase et un glucoside hydrolysable par l'émulsine sans formation d'essence aromatique et, dans l'écorce, un glucoside à essence, donnant sous l'action de l'émulsine une odeur très fine de rose. Le bois ne renferme pas de principe glucosidique.

Nous avons constaté, en outre, que l'écorce des plantes mâles renferme une proportion de glucoside à essence bien supérieure à celle des plantes femelles.

Identification du rutoside (*rutine*). — Le glucoside, hydrolysable par la rhamnodiastase, cristallise d'une solution aqueuse lavée à l'éther. Il a été identifié avec le rutoside par son pouvoir rotatoire ($\alpha_D = -36°,22$, pour le produit anhydre) et ses produits d'hydrolyse acide et fermentaire. Le quercétol (quercétine) a été caractérisé par le point de fusion de son dérivé bromé, $+236°$-$237°$. Le glucose a été obtenu à l'état cristallisé et le rhamnose caractérisé par la formation de méthylfurfurol et le pouvoir rotatoire du mélange des sucres d'hydrolyse. Le rutoside est un glucoside très répandu dans la nature, puisqu'on l'a extrait jusqu'ici des plantes appartenant à 17 familles différentes rentrant dans les trois grands groupes des Dicotylédones.

Identification de l'asparagine gauche. — L'asparagine a cristallisé dans un liquide alcoolique obtenu par précipitation d'un extrait aqueux par 4 volumes d'alcool à 95°. L'asparagine existe à la fois dans les feuilles et dans l'écorce. Elle a été identifiée par son point de fusion, $+225°$, au bloc Maquenne; son pouvoir rotatoire en solution aqueuse, $\alpha_D = -5°,12$ et en solution chlorhydrique, $\alpha_D = +34°,45$, et son dosage acidimétrique après addition de formol.

Propriétés du salidroside. — Malgré tous nos efforts, nous n'avons pas pu obtenir le salidroside à l'état cristallisé. Il se présente sous la forme d'un produit incolore, transparent, très amer, ne réduisant pas la liqueur de Fehling et sans odeur.

Par hydrolyse sulfurique, il fournit 63,17 pour 100 de sucre réducteur présentant un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = +50°,9$. Le sucre d'hydrolyse par l'émulsine a été obtenu à l'état cristallisé et caractérisé comme glucose.

Sous l'action de l'émulsine en solution aqueuse, le salidroside fournit

très rapidement une essence à odeur très fine de rose. Par agitation à l'éther du liquide d'hydrolyse, l'essence se dissout. La solution éthérée, déshydratée, concentrée et additionnée d'éther de pétrole fournit un produit cristallisé en belles lames incolores. Le produit possède une odeur aromatique bien moins prononcée que l'essence primitive et pourrait représenter un produit de polymérisation de cette essence.

L'étude n'a pu encore en être faite à cause de la trop faible quantité obtenue jusqu'ici, mais l'individualité du glucoside à essence du *Salix triandra* L. n'en est pas moins nettement démontrée.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Liliacées. Développement de l'embryon chez le* Muscari comosum *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

L'étude du développement de l'embryon chez le *Muscari comosum* permet de déceler les véritables affinités de la famille des Liliacées. C'est incontestablement au groupe embryogénique déjà représenté par les Composées, les Urticacées et les Malvacées, que cette famille doit être rattachée. L'embryon du *Muscari comosum* se développe, en effet, selon les règles très précises et bien particulières, qui ont déjà été exposées au sujet du *Senecio vulgaris*, et les destinées des étages constitutifs du proembryon sont, dans les deux cas, identiques, sauf naturellement en ce qui concerne l'origine du point végétatif de la tige.

On peut voir, par les figures 1 à 3 et 4 à 7, comment s'édifient la tétrade et le proembryon octocellulaire; les figures 9 à 13 montrent le mode très général de segmentation des quadrants, selon des parois obliques prenant insertion sur la membrane périphérique et venant tomber, au voisinage de l'axe, sur la paroi horizontale inférieure.

Ces parois séparent ainsi dans chaque octant deux éléments, α et β, de forme et de dimensions très dissemblables. Plus tard, ces deux éléments se cloisonnent quelque peu irrégulièrement; néanmoins les règles générales qui président à leurs segmentations apparaissent très étroitement comparables à celles que j'ai déjà décrites au sujet du *Senicio vulgaris* ou de l'*Urtica pilulifera*. Cette partie du proembryon, issue des quadrants, donne naissance au cotylédon; dans son intérieur, les histogènes ne s'individualisent que très tard, l'épiderme ne paraît nettement différencié qu'au terme de la vie proembryonnaire.

La cellule *m* de la tétrade engendre l'hypocotyle. Elle donne deux (*fig.* 4 à 10), puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 11 à 12), qui, se segmentant selon toute apparence tangentiellement, laissent apparaître un groupe de cellules centrales et une

rangée circulaire d'éléments périphériques. Le plérome s'édifie aux dépens des cellules centrales (*fig.* 14, 15, 17); les cellules périphériques se cloisonnent transversalement (*fig.* 17), ou longitudinalement (*fig.* 19, 20), et ce n'est qu'après ces divisions que le périblème et le dermatogène se montrent nettement séparés dans cette région. Les trois histogènes ne prennent leurs caractères véritables qu'après formation de la dépression latérale indiquant extérieurement la démarcation entre le cotylédon et l'hypocotyle.

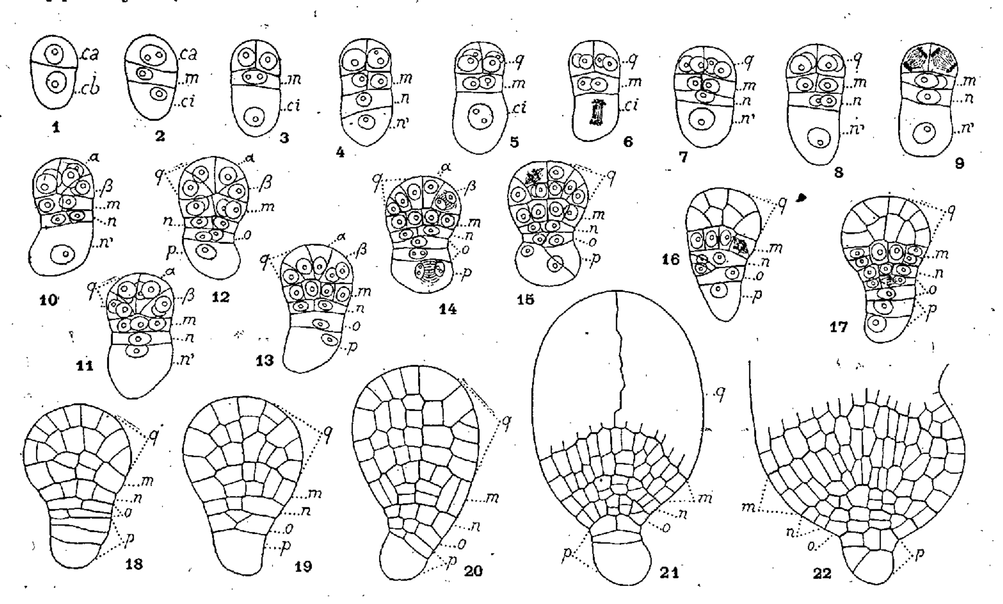


Fig. 1 à 22. — *Muscari comosum*. L. — Les principales étapes du développement de l'embryon jusqu'au moment de la séparation du cotylédon : *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou hypocotyle; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou région des initiales de l'écorce de la racine; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *q*, quadrants ou cotylédon; α et β, cellules-filles du quadrant; *o*, cellule-fille de *n'* ou portion centrale de la coiffe; *p*, cellule-fille inférieure de *n'* ou suspenseur. G. = 160.

L'élément *n* du proembryon octocellulaire (*fig.* 7) donne, comme la cellule *m*, deux (*fig.* 10, 12, 13, 15), puis quatre cellules circumaxiales, enfin, après de nouvelles cloisons verticales, une assise cellulaire comprenant encore des éléments centraux et des éléments périphériques (*fig.* 17, 18, 20). Les premiers engendrent les initiales de l'écorce de la racine; ils peuvent constituer plusieurs couches cellulaires (*fig.* 21, 22). Les seconds entrent dans la constitution des portions latérales de la coiffe.

La cellule *o* (*fig.* 13), provenant du cloisonnement transversal de l'élément *n'* du proembryon octocellulaire se comporte, dans la série des segmentations, à peu près comme la cellule *n*. Tous les éléments auxquels elle donne naissance contribuent à l'édification de la portion centrale de la coiffe. Il se différencie toujours un court suspenseur, composé d'un nombre variable d'éléments cellulaires d'assez grandes dimen-

sions. Ces éléments dérivent généralement de la cellule *p*. Il est nécessaire de faire remarquer que la marche des cloisonnements dans les régions inférieures du proembryon, à partir du stade à huit cellules, présente quelques variations qui modifient quelque peu les destinées des cellules issues de *o* et de *p*.

Le fait nouveau et essentiel qui se dégage de cette étude consiste dans l'identité absolue des lois du développement embryonnaire chez le *Muscari comosum* et chez les plantes que l'on a déjà groupées autour du *Senecio vulgaris*. Dans les deux cas, le proembryon octocellulaire s'édifie de la même manière, le mode de segmentation des quadrants est analogue, les fonctions dévolues aux étages proembryonnaires sont semblables. Mes précédentes observations sur l'*Anthericum ramosum* et sur l'*Allium ursinum* ont mis en relief les processus communs de division qui président à la construction du proembryon chez les Monocotylédones et chez les Dicotylédones. Les recherches dont le *Muscari comosum* vient d'être l'objet permettent de préciser ces analogies, de les étendre aux règles générales du développement relatives à l'origine, à la disposition, aux destinées des blastomères, et de découvrir ainsi, parmi les Dicotylédones, le groupe embryogénique auquel les Liliacées doivent définitivement être rattachées.

PHYSIOLOGIE. — *Observations sur les pigments cellulaires.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Une série d'expériences sur la *chlorophylle* nous a montré (¹) que ce pigment est *adsorbé* et comme dissous dans le cytoplasma, dont il suit le mouvement et le métabolisme.

La même technique atteste que l'*hémoglobine du sang* présente des réactions analogues. Ce pigment, ou encore la poudre de sang desséché, ou enfin les *solutions d'hématine*, se transportent à l'anode par l'électrolyse; ils sont décolorés par les ions oxydants et reprennent leur couleur sous l'influence d'un réducteur, l'hydroquinone par exemple. Le phénomène est réversible.

L'ensemble de ces études physico-chimiques conduit à une *théorie possible* de l'origine, de la vie des pigments cellulaires.

1° *Évolution pigmentaire.* — D'abord il est visible que *les échanges nutritifs sont essentiels à l'évolution des pigments.*

(¹) Jules Amar, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1353 et 1566.

Ceux-ci apparaissent ou disparaissent suivant que ceux-là sont intenses ou faibles; en cas d'anémie ou chlorose, tant végétale qu'animale, le métabolisme général est déprimé; on a même constaté, sur feuilles vertes étiolées par l'automne, une réduction de 50 pour 100 du taux azoté ([1]); la respiration diminue et les chloroleucites dégénèrent.

En même temps que le pigment, un autre produit, une autre *sécrétion* du cytoplasma atteste la chute des combustions; c'est l'*amidon*. Il s'accumule, faute d'être oxydé, brûlé.

L'effet sur ce métabolisme des radiations visibles ou invisibles consiste en un apport d'*énergie vibratoire*. Mais ici un fait capital est à considérer. A partir du violet et jusqu'à la zone des rayons X, la radiation agit comme une *température élevée*, et elle affecte les petits éléments de la matière. D'où l'altération du pigment que nous avions signalée. Elle acidifie le milieu cellulaire et tend à le déshydrater, ce qui entraîne une moindre nutrition.... C'est alors qu'intervient la *loi de vivïréaction* (Amar, 1923) ou de défense organique. Elle s'oppose à la continuation de l'effet radiant par un renforcement de la couche pigmentaire.

L'oxygène disponible dans la cellule entre en jeu, celle-ci gagne en vitalité et sécrète plus de pigment. *Toute cellule pigmentaire a une activité relativement intense.*

Aussi les biologistes ont-ils noté que le pigment se montre aux points du cytoplasma qui étaient riches en diastases oxydantes. L'opération fait suite au stimulus photochimique; celui-ci est d'*essence réductrice*, celle-là oxydante; l'une est *chromogène*, l'autre altérant, le pigment se retrouvant altéré physiquement et chimiquement.

Il est clair que ce double processus sera plus manifeste dans les parties superficielles : épiderme, ailes, feuilles, parce que plus exposées à la radiation. L'hémoglobine altérée a la teinte qui permet de réfléchir tout l'ultraviolet; et elle représente bien une substance de réduction, car tous les parents du pigment sanguin sont plus riches qu'elle en oxygène. On l'appelle *mélanine*.

2° *Origine des pigments cellulaires*. — Dus à la vivïréaction du cytoplasma, les pigments ne sont pas autre chose qu'un mode d'adaptation au milieu extérieur, et toute cellule pourrait devenir chromogénétique. L'action des rayons très réfrangibles provoque le changement du chromogène en pigment plus stable, qu'elle fait adsorber, adhérer fortement au colloïde vivant par la voie de la déshydratation et de la précipitation.

([1]) R. Combes, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2056; 182, 1926, p. 984.

Il en résulte, *dans le monde végétal*, la coloration verte de tous les organes exposés au soleil, écran protecteur de la vie même des plantes. Et, dans le monde animal, on observe que la chaleur, d'abord, dilate les capillaires, produisant *l'hypérémie de la peau* avec ralentissement de la circulation; puis l'hémoglobine subit l'effet des courtes longueurs d'onde, et donne peu à peu un dépôt de mélanine.

Tous ces processus sont *lents* et supposent une *action continue* du milieu; à cette double condition seulement le caractère acquis de la pigmentation devient héréditaire, et persiste. La méconnaissance de cette loi a fait douter du *Lamarckisme*.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme intime de la contraction musculaire.* Note de M. G. Lafon, présentée par M. E. Leclainche.

Il est hors de doute que le muscle est une machine qui transforme en énergie mécanique, par un processus de désintégration et d'oxydation, l'énergie chimique potentielle des principes nutritifs (hydrates de carbone et graisses).

La difficulté commence lorsqu'il s'agit de déterminer par quel mécanisme s'effectue cette transformation et quelle est la nature de l'énergie intermédiaire, si toutefois il y en a une.

Les hypothèses tendant à considérer la chaleur ou l'énergie électrique comme cette forme intermédiaire de l'énergie ne semblent pas devoir être retenues, car leur application au cas de la contraction musculaire soulève de sérieuses objections.

Comme d'autre part un muscle contracté diffère d'un muscle au repos par des propriétés élastiques, c'est-à-dire par des *propriétés moléculaires*, différentes, et que le muscle contient 75 pour 100 d'eau, on a été conduit à considérer l'énergie intermédiaire entre l'énergie chimique et l'énergie mécanique comme représentée dans le muscle par des formes de l'énergie inhérentes aux molécules liquides et en solution, c'est-à-dire la *tension superficielle* et la *pression osmotique*.

La formation d'acide lactique, ou d'autres produits intermédiaires de désintégration, aux dépens des principes nutritifs utilisés par le muscle, élèverait la pression osmotique à l'intérieur des éléments contractiles ou *sarcomères* et déterminerait un appel d'eau à leur intérieur qui provoque leur racourcissement et leur gonflement d'où dérivent le raccourcissement et

le gonflement du muscle tout entier; le relâchement du muscle serait ensuite déterminé par la disparition ultérieure, par diffusion ou oxydation, avec formation d'acide carbonique très diffusible, de l'acide lactique formé dans la première phase de la contraction.

Les modifications de la tension superficielle à la surface des éléments contractiles, déterminées par le changement du nombre des molécules aux deux phases de la contraction, contribuent sans doute aussi à produire ce résultat; l'augmentation de la tension superficielle tendant à donner aux éléments contractiles une forme globuleuse et à produire leur raccourcissement, tandis que l'abaissement de la tension superficielle tend à produire l'effet inverse.

Le rôle de la pression osmotique dans la contraction musculaire peut être, dans une certaine mesure, soumis à l'expérience :

Si l'on injecte, par l'aorte postérieure, de l'eau distillée dans les muscles des pattes d'une grenouille à moelle épinière détruite, pour éviter toute contraction volontaire ou réflexe, les muscles se contractent et entrent en rigidité (*rigidité hydrique*, expérience de Haller), tandis qu'il ne se produit rien si l'on injecte une solution isotonique. Cette contraction dure de une demi-minute à une ou deux minutes, puis les muscles se relâchent progressivement; ils se relâchent immédiatement par l'injection d'une solution isotonique. Une nouvelle injection d'eau distillée détermine une nouvelle contraction, et le même phénomène peut être reproduit plusieurs fois de suite.

Cette contraction n'est pas due, comme le pensait Kronecker, à l'excitation des plaques motrices terminales, car elle se produit de la même manière sur une grenouille curarisée, alors que les plaques motrices ont perdu leur excitabilité, et d'autre part l'injection d'une solution hypertonique, qui serait également excitante pour les plaques motrices, ne produit aucun effet sur une grenouille non curarisée.

On est par suite en droit de penser que la contraction des muscles est déterminée dans ce cas par la rupture de l'équilibre osmotique entre les éléments contractiles et le sarcoplasme ambiant, à la suite de l'injection d'eau distillée, et que la contraction normale peut être rationnellement attribuée à un changement analogue de l'équilibre osmotique, déterminé dans les muscles par les processus chimiques associés à la contraction.

L'absence de contraction après l'injection d'une solution hypertonique paraît devoir être attribuée à ce que cette injection détermine dans les muscles des conditions osmotiques opposées à celles qui sont réalisées dans la contraction normale.

On pourrait objecter que l'hypothèse ci-dessus fait intervenir, pour expliquer la contraction, un processus de passage d'eau par diffusion à travers la mince paroi des sarcomères, processus qui rendrait difficilement compte du caractère brusque et en quelque sorte *explosif* de la contraction; mais si l'on tient compte des dimensions des éléments contractiles : 2 à 3$^{\mu}$ de diamètre et 4 à 6$^{\mu}$ de hauteur pour chaque sarcomère, le calcul indique une surface qui ne serait pas inférieure à 15$^{cm^2}$ par millimètre cube de muscle, ce qui permet de concevoir la possibilité de processus de diffusion extrêmement rapides.

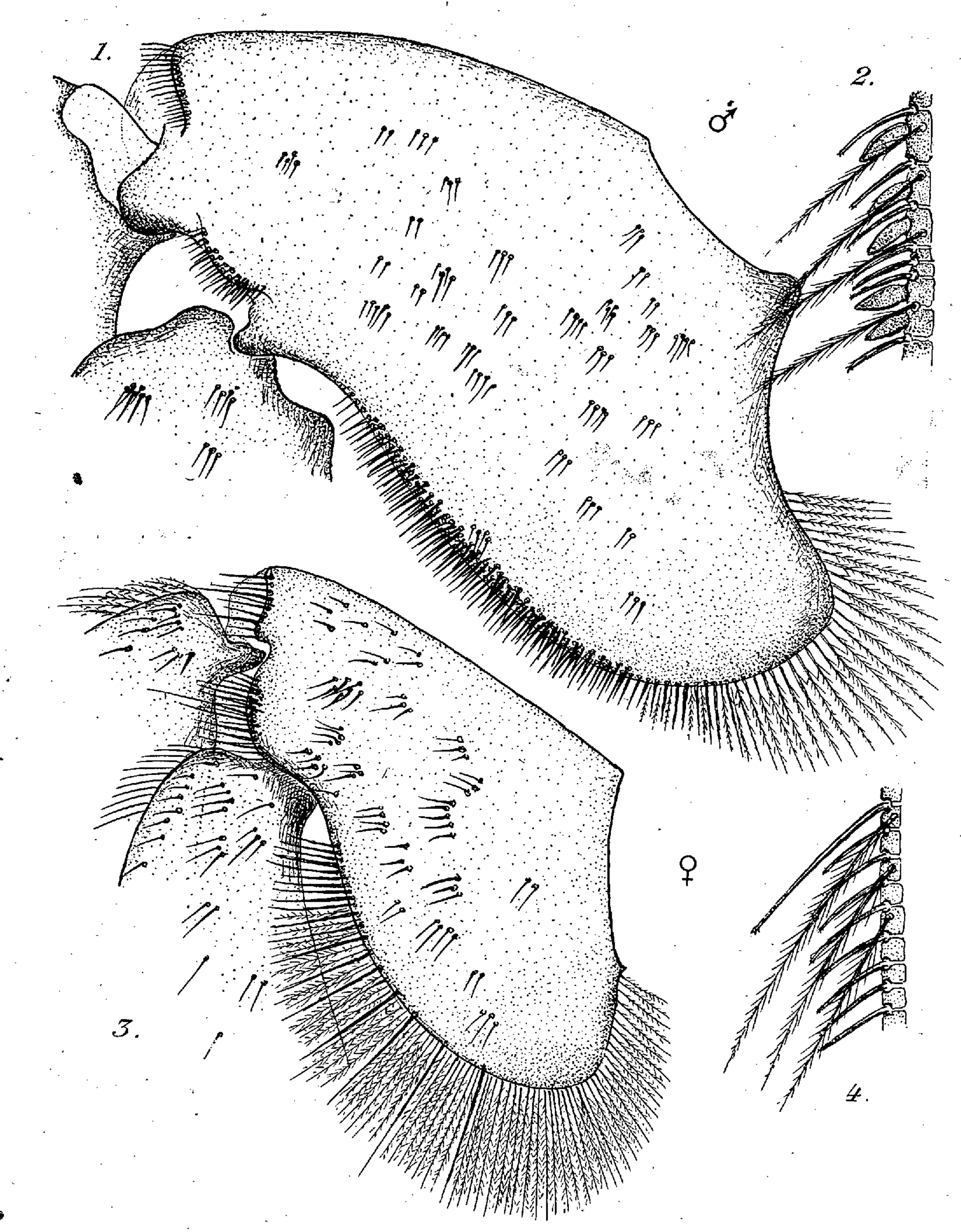
ZOOLOGIE. — *Sur les caractères sexuels de la nageoire caudale chez les Galathéidés.* Note (¹) de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'ai signalé, dans une Note récente, les caractères différentiels des sexes qui, dans le genre *Galathea*, portent sur le bord latéral du telson. Grâce aux collections du Muséum, mises obligeamment à ma disposition par M. le professeur Ch. Gravier, j'ai pu étendre mon enquête à toutes les formes de la famille et donner à mes remarques une intéressante généralisation.

On peut dire que les caractères sexuels du telson se retrouvent d'une manière très comparable, dans toute la tribu des Galathéinés. Les genres *Pleuroncodes*, *Grimothea*, *Galacantha* (Cf. Faxon), *Munidopsis*, *Galathodes*, *Elasmonotus* sont à cet égard très analogues aux *Galathea*; c'est-à-dire que, chez le mâle, le lobe médian du telson est garni, sur tout ou partie de son bord externe, d'un peigne de fortes soies aciculaires arquées, généralement d'un jaune ambré, tandis que, chez la femelle, ce même bord est simplement occupé par des soies souples, plumeuses, ou même dépourvu d'ornementation. Chez l'*Orophorhynchus lividus* la garniture de soies dimorphes se restreint à la partie postérieure du lobe latéral. Un mâle superbe de *Cervimunida princeps* présente, limitée à une partie de la face dorsale de ce même lobe une forte brosse de soies dorées; bien que n'ayant pas eu de femelles entre les mains, je n'hésite pas à considérer cette brosse comme un caractère sexuel mâle, qui doit faire défaut dans l'autre sexe, ou y être remplacé par des soies souples et plumeuses.

Fait un peu étrange dans cette série homogène, le genre *Munida* fait

(¹) Séance du 12 juillet 1926.



Æglea lævis. Uropode.

exception : la plupart des espèces ne présentent pas, dans le telson, de différences sexuelles manifestes. Il en existe cependant, toujours de même ordre, chez la *M. iris*.

Chez les Diptycinés (*Eumunida*, *Gastroptychus*, *Diptychus*) où la nageoire caudale, retournée sous l'abdomen, est en voie d'évolution régressive, elle ne comporte pas de différences sexuelles.

Dans le genre *Æglea*, qui constitue à lui seul le type d'une tribu distincte, les différences sexuelles portent, non sur le telson, mais sur le bord postérieur du basipodite de l'uropode (*fig.* 1 et 3) et sur l'ornementation du bord externe de l'endopodite de ce même uropode (*fig.* 2 et 4). Et ici encore le mâle se distingue par la prépondérance des soies aciculaires rigides et des épines, la femelle par celle des soies souples et plumeuses.

Enfin, chez quelques Porcellanes (*P. longicornis*, *P. platycheles*), un caractère sexuel est présenté par le bord postérieur du cinquième segment du pléon, qui porte, chez le mâle, à chacune de ses extrémités, un lobe supplémentaire à bord crénelé.

On voit que les considérations relatives aux caractères sexuels secondaires ne font que confirmer la subdivision en tribus naturelles que les carcinologistes, notamment A. Milne-Edwards et E.-L. Bouvier, ont fondée sur l'ensemble de la morphologie de ces Crustacés.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'action photosensibilisatrice de l'hématoporphyrine.* Note de MM. **René Fabre** et **Henri Simonnet**, présentée par M. Léon Guignard.

On sait depuis les travaux de Pfeiffer et d'Haussmann [1] que l'hématoporphyrine possède la propriété de sensibiliser à l'action de la lumière divers organismes monocellulaires (hématies, paramécies), ou pluricellulaires (souris blanches). Dans une Note antérieure [2], nous avons démontré que l'action sensibilisatrice de l'hématoporphyrine, pour les hématies, paraît être excitée seulement par les radiations de la région jaune du spectre (5760-5800 U.Å.), et que, d'autre part, l'hématoporphyrine intervient par sa masse dans la vitesse du phénomène.

L'examen comparatif de l'hémolyse des globules de divers animaux nous

---

(1) *Bioch. Zeitschr.*, 14, 1908, p. 12.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 1152.

a permis d'observer des variations très notables dans la résistance des hématies. Nos essais ont porté sur les espèces animales suivantes : bœuf, cheval, chien, cobaye, lapin, mouton, porc, rat. En irradiant, dans les conditions antérieurement précisées, des suspensions globulaires à 1 pour 100 dans du sérum de Ringer, additionnées de $0^{g},02$ pour 100 d'hématoporphyrine, on observe les temps d'hémolyse suivants :

	Temps (en minutes).		Temps (en minutes).
Cheval	42	Rat	67
Lapin	50	Porc	69
Mouton	55	Cobaye	69
Bœuf	56	Chien	75

Si l'on soumet à l'action de l'hématoporphyrine des volumes de suspensions globulaires tels que le même nombre d'hématies soit mis en réaction, on constate des différences de même ordre :

	Numération globulaire (en millions par millimètre cube).	Temps d'hémolyse (en minutes).
Cheval	4,5	37
Lapin	3,4	55
Bœuf	7,2	57
Rat	4,2	62
Mouton	7,2	65
Porc	5,9	70
Cobaye	4,5	85
Chien	5,7	85

Si l'on étudie l'hémolyse pour les diverses espèces animales, à quantité d'oxyhémoglobine égale, on observe encore des différences semblables, faisant, par exemple, apparaître la grande labilité des hématies de cheval par rapport à celles du mouton.

	Numération globulaire (évaluée en densité optique, pour $\lambda = 5769$, des suspensions hémolysées).	Temps d'hémolyse (en minutes).
Bœuf	2,35	37
Chien	2,50	40
Cheval	4,30	43
Porc	2,15	51
Lapin	5,68	55
Mouton	3,45	70
Cobaye	2,30	75

Par contre, à égalité de teneur en cholestérine correspond une résistance de même ordre à l'hémolyse, ce qui est facile à constater par action sur des volumes de suspensions globulaires correspondant au même taux de cholestérine (1).

	Taux de cholestérine pour 100 des suspensions globulaires.	Temps d'hémolyse (en minutes).
Chien	0,71	41
Cheval	0,43	41
Mouton	0,89	43
Cobaye	0,68	43
Bœuf	0,71	46
Lapin	0,37	46
Porc	0,65	47

Les différences entre les chiffres extrêmes sont infiniment plus réduites; on est en droit de considérer la cholestérine comme un facteur important dans la résistance à l'hémolyse des hématies des diverses espèces animales, dans ces conditions, ce qui apporte une confirmation aux travaux de Mayer et Schæffer (1).

Si l'on trace une courbe représentant la marche de l'hémolyse, suivant la méthode publiée par l'un de nous (2), on constate que l'allure du phénomène ne devient vraiment rapide qu'après un certain temps d'irradiation, comme si une modification due à cette action photosensibilisatrice devait précéder la destruction globulaire.

Signalons enfin que l'ordre de résistance globulaire à l'hypotonie est bien différent de l'ordre de résistance à l'action photosensibilisatrice de l'hématoporphyrine, ce qui fait apparaître la diversité des modes d'hémolyse.

Ordre de résistance globulaire à l'hypotonie : Mouton, Rat, Porc, Cheval, Bœuf, Chien, Lapin, Cobaye.

Ordre de résistance globulaire à l'action photosensibilisatrice de l'hématoporphyrine : Cheval, Lapin, Bœuf, Rat, Mouton, Porc, Chien, Cobaye.

---

(1) Les taux de cholestérine indiqués sont ceux des suspensions mises en expériences : ils ne représentent qu'une relation de proportionnalité, et non une valeur absolue.

(2) *Journ. de Phys. et de Path. gén.*, 15, 1913, p. 296.

(3) René Fabre, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1574.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la réceptivité de l'organisme pour les greffes de tumeurs, en relation avec les points isoélectriques des tissus.* Note [1] de MM. **F. Vlès** et **A. de Coulon**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note antérieure [2], nous avons indiqué que si l'on provoque expérimentalement dans un organisme (Souris) des déplacements des points isoélectriques musculaires, on rend cet organisme, suivant le sens du déplacement, plus récepteur ou plus réfractaire à la greffe des tumeurs : *l'indice de réceptivité* $i = \frac{S - T}{T}$ (S = pour 100 de greffes positives chez les animaux traités, T = pour 100 chez les témoins) paraît suivre une évolution sensiblement parallèle à celle du point isoélectrique, l'effet d'inhibition sur la greffe étant en corrélation avec un abaissement de ce point.

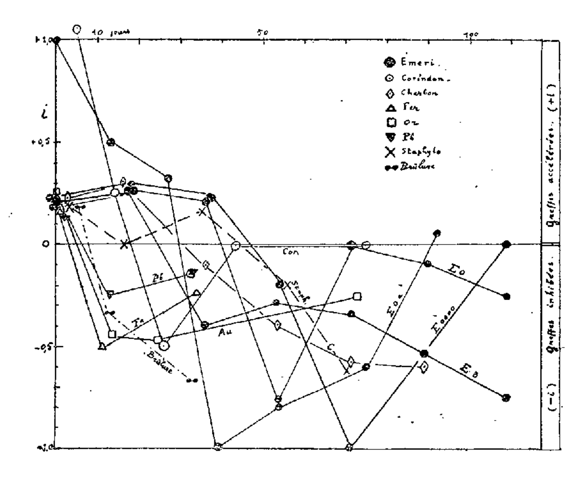
Ayant déterminé diverses substances dont l'introduction dans l'organisme abaisse temporairement les points isoélectriques musculaires selon le processus décrit antérieurement, nous avons examiné leur effet sur l'indice de réceptivité aux greffes de tumeurs. Les expériences ont porté sur 385 Souris, distribuées en 60 lots. Ont été étudiées : principalement les poudres d'*émeri* de diverses grosseurs (206 Souris), puis celles de *corindon* (44 Souris), de *charbon* de Tilleul (34 Souris), d'*or* (35 Souris), de *fer* (14 Souris), de *zinc* (17 Souris); en outre l'injection virulente de *Staphylocoques* (22 Souris), et l'effet de *brûlures* cutanées (12 Souris). D'une façon générale, les Souris en expérience recevaient sous la peau de l'aine une injection de $0^g,2$ à $0^g,05$ de la substance intéressante ; distribuées en lots divers, elles subissaient ensuite du côté opposé une greffe de tumeur épithéliale (Ehrlich) à des dates variant de 0 à 109 jours après l'injection. Comparativement à des témoins non injectés mais greffés en même temps dans les mêmes conditions, on notait les greffes positives et calculait l'indice de réceptivité i. Parallèlement, des cataphorèses de purée musculaire étaient effectuées pour suivre l'évolution des points isoélectriques.

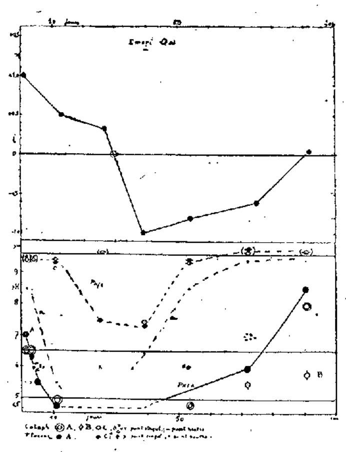
1° La relation indiquée précédemment entre les points isoélectriques et l'indice de réceptivité continue à se vérifier avec les substances nouvelles expérimentées (émeri, corindon, charbon, or, Staphylocoque) : des perturbations dans les points isoélectriques A et C et les points neutres de

(1) Séance du 12 juillet 1926.

(2) F. Vlès et A. de Coulon, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 147.

seconde espèce des substances transportées par la cataphorèse directe, aussi bien que des « flocons » et des « précipités » obtenus par la technique de l'alcool-acétone sont grossièrement concomitants de variations de l'indice de réceptivité. Une baisse d'indice (et en particulier son passage au-dessous de zéro, c'est-à-dire l'acquisition d'un état réfractaire) est parallèle à une baisse précoce des points isoélectriques; le retour éventuel de l'indice vers les valeurs initiales s'accompagne de montées des points isoélectriques.





A gauche : indice de réceptivité i pour greffes de tumeurs, après injection de diverses substances abaissant temporairement les points isoélectriques musculaires (Souris). Ordonnées, i; abscisses, jours entre l'injection et la greffe.

A droite : évolutions corrélatives de l'indice de réceptivité (en haut) et des points isoélectriques musculaires (en bas). Injection d'émeri Oa; points isoélectriques, A, B, C; cataphorèse directe, (O) et flocons (•); ordonnées, pH; abscisses, jours.

2° Au point de vue de l'indice de réceptivité, les substances utilisées fournissent des évolutions de même type, mais non identiques. La greffe au temps zéro (simultanée à l'injection) donne un indice plus ou moins fortement positif, les animaux sensibilisés par la substance ou simplement par le traumatisme. Si l'on espace de plus en plus le temps entre l'injection et la greffe, l'indice de réceptivité pour celle-ci diminue, passe par zéro (*date critique d'inversion :* aucune différence avec les témoins), puis devient nettement négatif, avec une valeur minima qui représente l'état le plus réfractaire; enfin, si l'expérience est assez prolongée, on assiste à son retour vers zéro, l'effet de l'injection devenu inopérant (alors que l'effet sur le point isoélectrique peut n'être pas encore nul). Il est curieux de constater sur quelles longues périodes s'étendent les répercussions de pareilles actions.

Il est intéressant de comparer, autant que faire se peut, les principales caractéristiques des courbes de i en fonction du temps (valeurs initiales, date critique, date et valeur du minimum). C'est ainsi que la date du minimum est d'autant plus tardive que la date critique est elle-même plus tardive, suivant une grossière proportionnalité. L'indice de réceptivité minimum paraît plus petit, c'est-à-dire que l'état est plus réfractaire, quand la date critique est plus tardive : effet profond, effet éloigné. D'autre part, avec les poudres d'émeri injectées à poids égal, mais avec dimensions différentes de grains, l'effet a été plus tardif et plus intense avec les grains plus gros.

Ces diverses données confirment et complètent celles que nous avions apportées précédemment.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes. Actions réductrices.* Note de M. L. **Lutz**, présentée par M. Guignard.

Les phénomènes de réduction ont été étudiés en ensemençant divers mycéliums sur milieu minéral gélosé additionné de 1 goutte par 5^{cm^3} d'une solution de bleu de méthylène à 0,125 pour 100. Certains des tubes ont été maintenus à l'air libre, d'autres en atmosphère raréfiée (pression : 20^{cm} environ); d'autres enfin, après une semaine de développement à l'air libre, dans une atmosphère d'acide carbonique.

Les Champignons ensemencés sont : *Stereum hirsutum*, *S. purpureum*, *Corticium quercinum*, *Polyporus versicolor*, *P. pinicola*, *P. betulinus*, *P. igniarius*, *Trametes medullapanis*, *Pleurotus ostreatus*, *P. Eryngii*.

Tous les tubes ont présenté des modifications très nettes du bleu de méthylène, se traduisant par trois ordres de phénomènes : décoloration pure et simple (*Pleurotus ostreatus*, *Polyporus pinicola*); virage au lilas, avec décoloration presque totale (*Polyporus versicolor*, *P. igniarius*, *Pleurotus Eryngii*), ou partielle (*Trametes medullapanis*); virage au vert plus ou moins foncé, avec décoloration presque totale (*Stereum hirsutum*), ou partielle (*Polyporus betulinus*, *Stereum purpureum*).

Ces modifications, assez lentes à se produire dans les tubes maintenus à l'air libre, ont été beaucoup plus rapides et plus intenses dans ceux conservés en atmosphère carbonique ou sous pression réduite, ce qui fait prévoir un antagonisme entre une action oxydante et l'action réductrice, dont on ne perçoit finalement que la résultante.

On peut interpréter ces résultats en envisageant la série des réactions de formation du bleu de méthylène à partir de la diméthylaniline [1]. La décoloration provient d'une réduction énergique, aboutissant à la leucobase du bleu, la coloration lilas à une réduction faible conduisant à l'acide thiosulfonique d'une indamine lilas (laquelle en dérive par une oxydation ménagée); enfin, la coloration verte à une réduction plus forte fournissant l'acide thiosulfonique de la diméthylparaphénylène diamine + diméthylaniline ou vert de Bindschädler.

Ces diverses colorations ont, du reste, été réalisées *in vitro* sur du bleu de méthylène, traité par des réducteurs plus ou moins puissants et réoxydé ensuite avec ménagement.

Il y a lieu de remarquer, en se reportant aux phénomènes d'oxydation déterminés par les mêmes Champignons, que ce sont les espèces ne sécrétant que des proportions très faibles ou nulles d'oxydases qui engendrent les réductions aboutissant à la leucobase sans virages intermédiaires (*P. pinicola*, *Corticium quercinum*, *Pleurotus ostreatus*), tandis que toutes celles qui sont douées d'un pouvoir catalyseur positif énergique donnent des réductions accompagnées de virages au vert ou au lilas. C'est une nouvelle preuve de la superposition d'une action oxydante aux phénomènes de réduction.

Enfin, le *Polyporus pinicola* a fourni une réaction intéressante. Après avoir décoloré le milieu, il en a provoqué la recoloration progressive, commençant au voisinage de la culture, après quoi la décoloration s'est de nouveau manifestée, suivie d'une nouvelle recoloration, définitive, cette fois.

EMBRYOGÉNIE. — *Remarques au sujet de la courbe de décroissance annuelle de la ponte chez la Poule domestique.* Note de M. E. FAURÉ-FREMIET et Mlle LAURA KAUFMAN, présentée par M. L.-F. Henneguy.

La conception de Minot, suivant laquelle la senescence est un processus étroitement lié à la croissance et au développement, a fait chercher une démonstration de ses effets précoces dans le ralentissement progressif de certaines productions de l'organisme, la ponte des œufs chez la Poule par exemple.

---

(1) Voir FIERZ, *Chimie des colorants* (Paris, Attinger, 1921), et CAIN et THORPE, *Matières colorantes de synthèse* (Paris, Dunod, 1922).

D'après les chiffres très nombreux collationnés par Brody, Henderson et Kempster (1923) la production annuelle des œufs est sensiblement égale à 88 pour 100 de la production annuelle précédente [1], et la courbe très régulière qui joint les chiffres moyens trouvés peut être définie par une équation telle que

$$\mathcal{E}_t = \mathrm{A}\, e^{-kt}, \tag{1}$$

$\mathcal{E}$ étant le nombre des œufs pondus pendant l'année t, A et k deux constantes.

Brody et ses collaborateurs remarquent que la ponte totale d'une Poule domestique s'arrête avant d'atteindre la limite imposée par cette loi exponentielle; la ponte n'étant pas limitée par le nombre des oocytes disponibles, il suppose que la décroissance de la production annuelle des œufs est liée à l'accroissement progressif d'un processus de senescence qui se développerait lui aussi suivant une loi exponentielle analogue à celle de certaines réactions chimiques.

Des observations faites avec H. Garrault sur un Arthropode, *Margaropus australis*, montrent que l'on trouve chez celui-ci (à température constante) une courbe de ponte analogue à celle de la Poule. Il n'en est plus du tout de même si l'on compare les données de Henriquez sur la ponte d'un autre Arthropode, *Callivhora erythrocephala.* Mais dans ce dernier cas l'activité germinative des gaines ovariques est persistante, tandis que chez *Margaropus* comme chez les Oiseaux (d'Hollander, Loyez) *les oocytes disponibles sont tous constitués dans l'ovaire bien avant la période de ponte.*

On sait d'autre part (Riddle) que la vitellogenèse de l'oocyte de Poule est un phénomène très rapide qui succède brusquement à une très lente croissance protoplasmique; la même observation peut être faite pour l'oocyte de *Margaropus.* Dans l'un et l'autre cas, c'est donc le nombre des oocytes effectuant leur vitellogenèse qui diminue en fonction du temps, et non pas le nombre des oocytes formés. On peut alors supposer que la décroissance progressive du nombre des œufs pondus est liée à la probabilité de transformation des oocytes présents dans l'ovaire en nombre limité.

Il est possible de compter, dans l'ovaire de *Margaropus*, le nombre moyen des oocytes existant avant la ponte, soit N_0. La ponte succédant rapidement à la vitellogenèse, si l'on désigne par N_t le nombre des oocytes

---

[1] Lienhart (1923) a obtenu chez différentes races un résultat analogue.

transformés au temps t on peut remplacer l'équation (1) par l'équation

$$N_t = N_0 e^{-kt}, \quad (2)$$

qui s'applique exactement à la courbe obtenue, et qui montre que le nombre des oocytes transformés dans l'unité de temps est une fraction constante du nombre des oocytes non encore transformés. Connaissant les deux premiers chiffres de la courbe de ponte, soit N_1 et N_2, on peut donc calculer N_0 en posant

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{N_2}{N_0 - N_1} \quad \text{d'où} \quad N_0 = \frac{N_1^2}{N_1 - N_2}. \quad (3)$$

Reprenant les données de Brody nous avons calculé la valeur de N_0 et nous avons constaté que l'équation (2) s'applique exactement à sa courbe.

Effectuant ensuite des numérations sur toute la série des coupes d'ovaires de Poulettes de six semaines (Leghorn et Rhode Island), nous avons trouvé : 1° un grand nombre d'oocytes dont la taille *semble fixée* autour d'une valeur moyenne faible; 2° un nombre plus restreint *d'oocytes privilégiés* qui ont dépassé nettement cette taille moyenne, et commencent la croissance protoplasmique lente. *Le nombre de ceux-ci est précisément du même ordre de grandeur que le nombre* N_0 *calculé;* mais il varie dans une certaine mesure suivant l'individu examiné et suivant la race.

La forme de la courbe décroissante de la ponte dépendrait donc de deux facteurs : le nombre initial des oocytes transformables N_0 et la constante K qui indique que, à tout moment, la probabilité de transformation reste la même. On peut encore définir la « vie moyenne » θ de l'oocyte soit $\frac{1}{K}$, ou encore la « période » P de transformation, c'est-à-dire le temps nécessaire pour la transformation de $\frac{N_0}{2}$ oocytes.

La courbe de Brody, Henderson et Kempster donne pour N_0, 1386 oocytes et pour P, 5 ans et 9 mois; une bonne pondeuse Leghorn, par exemple, donnerait, pour une valeur presque identique de N_0, soit 1311, une valeur moitié moindre de P, soit 3 ans, la rapidité de la transformation des oocytes étant plus grande et le nombre des œufs pondus dans les premières années étant plus élevé de ce fait.

Si notre interprétation répondait à la réalité, il serait inutile de faire intervenir un facteur de senescence pour expliquer la réduction progressive du taux de ponte, puisque N_0 d'une part, et les constantes K, θ ou P d'autre part sont des valeurs indépendantes de l'âge et représenteraient des caractères individuels sur lesquels on peut agir par la sélection.

MICROBIOLOGIE. — *Stimulation des activités bactériennes dans le lait.* Note de M. **Constantino Gorini**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente [1], j'ai démontré que les streptocoques pyogènes, y compris le pneumocoque, caillent le lait par acidité et par présure, contrairement à l'opinion dominante qui voudrait les différencier du *Streptococcus lacticus* par leur incapacité de cailler la caséine. J'ai reconnu cependant que quelques souches coagulent le lait d'une façon irrégulière à cause surtout des modifications que la stérilisation fait subir au lait, malgré toutes les précautions que j'ai indiquées pour diminuer autant que possible ces irrégularités. J'ai observé ensuite que l'inconstance de la coagulation peut être supprimée si l'on ensemence le lait avec une forte quantité de culture en bouillon (5 à 10^{cm^3}). L'influence favorable de cet ensemencement massif ne doit être attribuée ni à la charge microbienne ni à la présure, éventuellement contenue dans la culture; mes anciennes recherches, en 1892, ayant prouvé que cette présure peut être produite dans des milieux dépourvus de caséine. L'influence favorable est due aux éléments nutritifs du bouillon, car on obtient le même résultat en ajoutant au lait stérilisé du bouillon stérile, ou de la peptone, ou de l'extrait Liebig qui, à eux seuls, sont incapables de coaguler la caséine.

J'ai essayé aussi, avec beaucoup de succès, d'autres substances nutritives, telles que l'eau de levure et même le sang [2], ajoutées au lait.

Quelles sont les matières du lait détruites ou altérées par la température et auxquelles suppléent les substances dont je viens de parler? S'agit-il de matières azotées favorables à la nutrition ou bien de vitamines, ou bien de substances tampons, ou encore d'une coenzyme de nature minérale? La réponse n'est pas facile, elle le serait davantage si l'on pouvait employer du lait non pas stérilisé, mais obtenu privé de microbes par une traite aseptique; malheureusement on ne peut y arriver puisque j'ai montré la présence normale des « coccus » dans la mamelle.

Toutefois je crois intéressant de faire connaître les constatations suivantes :

1° Les adjonctions dont j'ai parlé semblent stimuler les propriétés coa-

---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 946.

(2) L'emploi du sang a été récemment proposé par mon collaborateur, M. Collerio.

gulantes et caséolytiques des bactéries plutôt qu'exercer une action eugénétique; en effet je n'ai pas observé de différence sensible dans le développement ni dans le nombre des bactéries dans les cultures en lait seul et dans les cultures en lait additionnées desdites substances. Il est surprenant de constater la rapidité de la formation du caillé et la peptonisation presque subite qui suit l'adjonction d'eau de levure à des cultures en lait bien développées depuis quelques jours mais non encore caillées;

2° Ces adjonctions renforcent l'action atténuée de certaines souches de streptocoques pathogènes et de pneumocoque après leur isolement de l'organisme, elles réveillent aussi les activités affaiblies ou dormantes des vieilles cultures;

3° Ces adjonctions ne semblent pas capables de susciter des propriétés nouvelles chez les bactéries, en effet elles n'ont point permis d'obtenir la coagulation du lait par des bactéries du groupe *typhosus*, *paratyphosus* et *dysentericus*, ni chez les bactéries du groupe *melitensis-abortus*. J'ai obtenu au contraire la coagulation du lait avec le vibrion du choléra dont l'action sur le lait est discutée. Le vibrion, dans le lait-levure et le lait-sang, s'est révélé comme appartenant à la catégorie de mes ferments mixes ou acido-protéolytiques. Il serait utile d'employer ces stimulants pour étudier à nouveau l'action des microbes sur le lait comme je le proposai dans ma précédente Note.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Sur l'étiologie et l'épidémiologie de la Gattine du Ver à soie ou maladie des têtes claires.* Note de M. A. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

La Gattine, ou *Macilenza* des Italiens, est caractérisée généralement par le gonflement de la partie antérieure du corps des Vers à soie qui devient plus ou moins translucide; les Vers malades ne mangent pas et fuient les claies d'élevage. On ne les rencontre souvent qu'à l'état sporadique dans les magnaneries; mais la maladie peut revêtir une forme beaucoup plus grave et décimer les éducations; dans ce cas, elle apparaît dès les premiers âges et la mortalité ne cesse de croître à chaque mue. Nous avons observé plusieurs cas d'épidémie grave en 1925 et 1926, principalement dans la Basse Ardèche où la maladie des têtes claires existe à l'état endémique, dans certaines localités de cette région, depuis de longues années.

Nos études, poursuivies depuis deux ans dans ces localités, nous ont

permis de déterminer la véritable cause de la maladie et d'en préciser les caractères histo- et cytopathologiques.

Le contenu intestinal des Vers en état de maladie renferme toujours, et le plus souvent à l'état pur, un microcoque colorable par la méthode de Gram dont les éléments mesurent environ $0^{\mu},9$ de diamètre. D'après les nombreux isolements de bactéries auxquels nous avons procédé sur place, on peut affirmer qu'il s'agit d'une seule espèce dont les caractères se rapprochent de ceux de *Streptococcus bombycis* Flügge. Les Vers sains qui ingèrent une goutte de contenu intestinal de Ver en état de maladie contractent généralement celle-ci au bout de 5 à 6 jours. Les microbes de culture sont moins virulents mais peuvent néanmoins déclencher dans quelques cas les processus caractéristiques de l'affection. L'inoculation dans la cavité générale, de ces mêmes microbes, donne des résultats presque toujours positifs ; moins de 2 jours après l'inoculation, la diarrhée se manifeste; la partie antérieure du corps gonfle et devient plus ou moins translucide. Il est curieux de constater que ces symptômes se manifestent alors même que les microbes inoculés sont entièrement phagocytés par les micronucléocytes et qu'ils ne sont pas encore apparus dans le contenu intestinal. En ouvrant longitudinalement un Ver présentant ces symptômes généraux, on constate que le contenu intestinal est à peu près complètement clair; que la partie antérieure du tube digestif moyen est gonflée et se présente sous forme de poche allongée.

Étude histo- et cytopathologique. — Après fixation par les méthodes mitochondriales, postchromisation et coloration par la méthode de Kull, on observe que les noyaux des cellules épithéliales de la partie postérieure du tube intestinal moyen sont hypertrophiés et en voie d'altération profonde : les grains de chromatine augmentent de volume, se colorent intensément par les couleurs basiques, puis se fondent en masse d'aspect laqué, sans structure apparente et de moins en moins sidérophile. Le cytoplasme se vacuolise, les chondriocontes se fragmentent et ont tendance à se grouper autour du noyau; les inclusions de graisse, qui existent normalement dans les cellules de la partie postérieure du tube intestinal moyen, deviennent plus nombreuses et généralement plus grosses.

Les lésions que nous venons de caractériser très brièvement ont été observées chez tous les Vers d'origines les plus diverses, présentant les symptômes de la maladie des têtes claires; elles ont été observées également chez les Vers inoculés avec le *Streptococcus bombycis*. Chez les Vers en état de flacherie, les lésions sont très différentes. Nous pouvons conclure de

ces faits que la gattine, ou maladie des têtes claires, constitue une entité morbide bien définie, différente de la flacherie ordinaire; ce n'est donc pas, comme l'admettent certains auteurs, la forme chronique de cette dernière affection. L'altération des cellules épithéliales est limitée à une zone bien définie dont la longueur est environ le tiers de la longueur totale de l'intestin moyen; cette zone correspond à une différenciation histologique et fonctionnelle non signalée jusqu'ici chez le Ver à soie; cette différenciation a été mise en évidence par Biedermann, vers 1898, chez les larves de *Tenebrio molitor*. L'étude du pH, chez le Ver à soie normal, montre que celui de la zone antérieure est toujours inférieur de 0,2 à 0,3 à celui de la zone postérieure. Chez le Ver atteint de gattine, le pH moyen devient nettement plus élevé que chez le Ver normal et l'on ne constate pas de différence sensible entre le pH des zones antérieure et postérieure. Il semblerait donc que les cellules épithéliales antérieures cessent de fonctionner. On observe en effet, après fixation et coloration par les méthodes mitrochondriales, que le chondriome des cellules épithéliales antérieures se transforme en grains de grosseur variable qui se dispersent dans toute la masse du cytoplasme. On observe aussi que la paroi de la zone postérieure est en voie de destruction plus ou moins active : un certain nombre de cellules épithéliales se détachent de cette paroi et tombent dans la lumière du tube. Ces cellules isolées ou groupées correspondent aux vésicules de structure singulière observées par Verson chez les Vers atteints de *macilenza*. Bien qu'on observe assez souvent, en période de digestion normale, une destruction plus ou moins active de cellules épithéliales, il ne semble pas qu'on puisse établir un rapprochement entre les deux états physiologiques différents; mais on peut admettre que la substance résultant de la fonte des cellules soit la cause de l'alcalinisation du contenu intestinal.

De l'étude que nous avons faite, il résulte que la gattine est une maladie infectieuse causée par *Streptococcus bombycis*. Le caractère contagieux de la maladie explique la fréquence et la gravité des épidémies dans certaines régions de grand élevage; mais il convient de faire remarquer que l'épidémie est favorisée dans ces régions par l'inobservance de certaines règles élémentaires d'hygiène, en particulier par le défaut de soins de propreté, le manque d'air et de lumière, le défaut d'espacement des Vers. Une modification radicale des méthodes d'élevage, surtout pendant les premiers âges, peut atténuer beaucoup les ravages de la maladie; le nettoyage minutieux du matériel d'éducation et de la magnanerie, l'emploi de désinfectants énergiques comme l'acide sulfurique, le formol, le crésyl, le chlorure de chaux, etc. est à conseiller pour prévenir la maladie.

MÉDECINE. — *Action de la d'Arsonvalisation diathermique sur la synovie.* Note [1] de M. H. BORDIER, présentée par M. A. d'Arsonval.

Pour expliquer les bons effets de la d'Arsonvalisation diathermique dans l'hydarthrose et pour donner une base scientifique à ce traitement, j'ai étudié l'action des oscillations électriques de haute fréquence sur le liquide synovial retiré de grandes articulations sur le bœuf aussitôt après la mort de l'animal. J'ai pu obtenir à plusieurs reprises une quantité suffisante de ce liquide pour mener à bien mes expériences : la synovie ainsi recueillie est teintée légèrement en rose par suite de la ponction nécessaire à son évacuation.

Mes expériences ont porté sur cette synovie qui était placée dans un large tube de verre fermé à une extrémité par un bouchon de caoutchouc servant en même temps à maintenir serrées contre les parois du tube deux bandes d'étain suivant des génératrices du cylindre de verre diamétralement opposées. Chaque bande portait à l'autre extrémité une borne pour fixer le fil souple de l'appareil de diathermie.

J'avais mesuré à différentes reprises sur des malades atteints d'hydarthrose la température à laquelle est portée la peau au niveau du bord des électrodes pendant le traitement : des thermomètres spéciaux ont indiqué une température cutanée de 42°. Mais, dans la profondeur, la température est, comme je l'ai démontré expérimentalement [2], plus élevée, en sorte qu'on peut admettre, comme ordre de grandeur de la température du liquide épanché, le chiffre de 45°. C'est cette température-là qui a été atteinte, sans la dépasser, dans mes expériences *in vitro* : l'intensité du courant de diathermie a pu ainsi monter jusqu'à 300 milliampères; en réglant cette intensité, il est facile de maintenir la température du liquide à la valeur voulue. La synovie a été soumise à l'action des oscillations électriques de haute fréquence pendant 5 minutes seulement à chaque expérience.

L'examen du liquide diathermisé par rapport à la synovie témoin a donné les résultats suivants :

1. La synovie témoin a l'aspect d'un liquide fluide, rougeâtre, presque transparent, tandis que la synovie diathermisée est moins fluide, jaunâtre et trouble.

---

[1] Séance du 12 juillet 1926.

[2] *Diathermie et Diathermothérapie*, 3e édition, p. 130.

2. La viscosité est plus grande pour cette dernière : 73 gouttes correspondent à $3^{cm^3},75$, tandis que pour le même volume il faut 103 gouttes de la synovie témoin, soit 30 gouttes de plus.

3. L'examen spectroscopique montre dans la synovie témoin le spectre d'absorption de l'hémoglobine; ce spectre n'existe pas dans la synovie diathermisée.

4. A l'examen microscopique simple, on constate dans la synovie témoin des éléments histologiques espacés dans le champ du microscope et constitués par des débris épithéliaux, hématies, polynucléaires et mononucléaires. Dans le liquide soumis à la diathermie ces mêmes éléments existent, mais moins nombreux, ils sont massés les uns sur les autres et paraissent coagulés.

5. A l'ultra-microscope, la synovie témoin montre de nombreux grains colloïdaux, animés de mouvement brownien, il y a peu de gros grains. Dans la synovie diathermisée, au contraire, les petits grains colloïdaux sont très rares, mais les amas granuleux sont en nombre considérable.

6. L'examen bactériologique enfin révèle dans la synovie témoin la présence de micro-organismes, et en particulier, de quelques streptocoques; dans la synovie diathermisée, des micro-organismes existent aussi, mais les streptocoques paraissent absents.

Ainsi, le passage des oscillations électriques de haute fréquence pendant 5 minutes a été suffisant, quoique la température n'ait pas dépassé 45°, pour amener une floculation partielle des particules albuminoïdes du liquide synovial.

C'est par un phénomène analogue que doit très probablement se traduire chez un malade atteint d'hydarthrose l'action de la d'Arsonvalisation diathermique : les brillants résultats de ce traitement demandent pour se produire une technique correcte qui a été exposée dans mon livre *Diathermie et Diathermothérapie*, 3e édition, p. 562.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1926.

'slands Plantentuin botanic gardens. The Zoocecidia of the Netherlands exet Indies, by J. DOCTERS VAN LEEUWEN-REIJNVAAN and W. M. DOCTERS VAN LEEUWEN. Batavia, Drukkerij de Unie, 1926; 1 vol. $28^{cm},5$.

L'histoire de la nature vivante d'après l'œuvre des grands naturalistes français. III : *Cuvier et la science de la nature*, par LOUIS ROULE. Paris, Ernest Flammarion, 1926; 1 vol. $18^{cm},5$. (Présenté par M. Louis Mangin.)

The Nervous Mechanism of Plants, par Sir JAGADIS CHUNDER BOSE. London, Longmans, Green and C° Ltd, 1926; 1 vol. 23^{cm}. (Présenté par M. Louis Mangin.)

Cours d'astronomie et de géodésie de l'École polytechnique, par H. FAYE, revu et mis à jour par le général R. BOURGEOIS. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. $25^{cm},5$.

Œuvres de Pasteur. Tome IV : *Études sur la maladie des vers à soie.* Paris, Masson et Cie, 1926; 1 vol. $28^{cm},5$. (Présenté par M. Roux.)

Le salaire moderne. Sa formule générale. Son équation de dimension. Quelques résultats industriels, causerie faite par F. BAYLE au dîner de janvier 1926 du groupe de Paris de la Société amicale des ingénieurs de l'École supérieure d'électricité, in *Bulletin de la Société amicale des ingénieurs de l'École supérieure d'électricité*, n° 82, février 1926; 1 fasc. $24^{cm},5$. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Portraits de savants. Alphonse Laveran (1845-1922) (*Genèse et conséquences d'une découverte*), par EUGÈNE RICHARD, in *La Science moderne*, numéro de mai 1926, page 273. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1926; 1 fasc. $27^{cm},5$.

Chaire de médecine exotique de la Faculté de Constantinople. Études et notes (1924-1925), par G. DELAMARE. Constantinople, Fratelli Haim, 1926; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. H. Vincent.)

Madagascar et dépendances d'après les travaux géographiques les plus récents, par GUILLAUME GRANDIDIER, avec la collaboration de J. HANSEN. Paris, carte en 3 planches 107 × 67, gravées par A. Hausermann, imprimées chez Dufrénoy.

Cartes économiques de l'Afrique équatoriale française, dressées par ALEXANDRE MEUNIER. — N° 1 : *Cultures alimentaires, fourragères*, etc.; n° 2 : *Cultures industrielles, oléagineux ;* n° 3 : *Forêts;* n° 4 : *Élevage, faune.* Paris, Ministère des colonies, 4 planches 80 × 60, 1926.

(*A suivre*).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JUILLET 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Nickel, cobalt et diabète.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **M. Mâcheboeuf.**

En faisant connaître les résultats de nos expériences sur la distribution du nickel et du cobalt dans les organes de l'homme et des animaux, nous avons attiré l'attention sur la teneur relativement élevée du pancréas ([1]).

Dans la suite, guidés par toute une série de recherches sur le rôle du manganèse et d'autres éléments dans les processus biologiques, nous avons réussi à découvrir une influence des deux nouveaux éléments de la matière vivante sur certaines préparations d'insuline ([2]).

Comme le diabète ou, plus exactement, certaines formes de diabète dépendent d'une altération soit anatomique, soit peut-être simplement fonctionnelle du pancréas, il n'était pas illogique de rechercher si, à l'aide de petites quantités de nickel et de cobalt, introduites dans la circulation générale, on pourrait obtenir la guérison ou tout au moins l'amélioration de certains cas de la maladie.

Nous avons commencé cette recherche il y a plus d'une année, d'abord avec le nickel ou le cobalt seuls, puis avec les deux métaux réunis. Nous avons utilisé pour cela les solutions salines dont nous avons donné les formules en décrivant nos expériences physiologiques ([3]). Ces solutions, qui

---

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1305.

([2]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1504, et 183, 1926, p. 5.

([3]) Elles doivent être stérilisées à froid, par filtration à la bougie de porcelaine.

peuvent être ajoutées en proportions diverses à du blanc d'œuf, à du sérum de cheval ou à du sérum humain sans produire la moindre coagulation ni le moindre louche, sont très bien supportées localement, même en injections sous-cutanées : elles ne provoquent aucune douleur et se résorbent avec facilité. Au début du traitement, tel qu'il est encore expérimenté aujourd'hui, on injecte 5^{cm^3} de solution tous les deux jours; après 4 à 5 injections, on continue à raison de 10^{cm^3} tous les deux jours.

Même avec ces très petites doses (nous rappelons qu'il y a seulement $0^{mg},1$ des métaux considérés par centimètre cube), on observe ordinairement, sous l'influence des premières injections, une augmentation plus ou moins nette de la quantité de sucre éliminé en 24 heures, cette augmentation de la glycosurie pouvant être accompagnée d'une plus grande glycémie et d'une plus grande polyurie.

Puis apparaissent des différences frappantes entre les cas de diabète :

Dans les uns (5 enfants sur 5 traités, adultes et vieillards atteints de diabète du type consomptif), il n'y a pas eu d'amélioration et, dans l'état actuel de la question, on a cru préférable de suspendre le traitement;

Dans les autres cas, au contraire, on a constaté un retour partiel ou complet de la diurèse au volume normal, avec disparition concomitante de la soif, une diminution progressive allant parfois jusqu'à la suppression plus ou moins durable du sucre urinaire, une tolérance augmentée vis-à-vis des glucides, quelquefois, mais pas toujours, un abaissement de la glycémie.

Une perspective du nouveau traitement que nous indiquons est particulièrement intéressante à envisager : c'est l'administration du nickel et du cobalt, non plus par injection hypodermique, mais par la bouche. Il semble, en effet, étant donnée la diffusibilité des deux métaux, tels qu'ils se trouvent en solution, que la pénétration dans l'organisme doive être aussi assurée par la seconde voie que par la précédente. Les premières expériences que nous avons faites dans ce sens semblent bien justifier la prévision théorique.

Signalons enfin le cas d'un diabétique ancien, soumis depuis deux années sans interruption au traitement par l'insuline (deux injections de 20 unités cliniques chaque jour), chez lequel nous avons obtenu une plus grande tolérance aux glucides et une réduction de 25 pour 100 de la quantité d'insuline injectée par simple absorption buccale de 10^{g} de solution mixte de nickel et de cobalt, chaque jour, une heure avant le principal repas.

Toutes ces expériences sont encourageantes, mais nous ne saurions les

considérer qu'au titre de préliminaires. Nous aurions préféré, avant d'en publier les résultats, les multiplier et les systématiser, examiner avec soin les différences que peuvent présenter le nickel et le cobalt, employés seuls ou associés, rechercher même s'il n'y a pas des cas de diabète particulièrement sensibles à l'action de l'un ou de l'autre de ces métaux, etc. Mais il aurait fallu pour cela disposer de beaucoup de temps et de moyens qui nous manquent. On n'a pas l'habitude d'hospitaliser les cas de diabète non compliqués; or, sans hospitalisation, c'est-à-dire sans une surveillance effective, on ne peut que très difficilement s'assurer des effets d'un traitement. Nous avons pensé qu'il valait mieux, dans ces conditions, porter nos premières observations à la connaissance des physiologistes et des médecins, et favoriser ainsi la multiplication des recherches.

Plusieurs spécialistes, ayant toute l'autorité désirable, ont déjà été mis au courant de ces expériences; nous leur laisserons publier les résultats de leurs observations personnelles [1].

HYDRAULIQUE. — *Détermination expérimentale du coefficient de débit des tuyères fonctionnant en écoulement libre.* Note [2] de MM. **Rateau**, **Leroux** et **Bourgeat**.

A la suggestion de M. Rateau, et suivant un programme arrêté par lui, des expériences ont été entreprises en vue de la détermination précise du coefficient m de débit de tuyères, fonctionnant en écoulement libre, défini par $q = m\omega\sqrt{2gh}$, où ω est la section de sortie.

Les tuyères étudiées, dont les profils ont été dessinés dans l'idée d'atteindre les plus forts coefficients possibles avec des lignes simples, sont de deux types; les figures 1 et 2 indiquent leurs formes et leurs dimensions relatives en fonction du diamètre de sortie pris comme unité. Il a été construit 6 tuyères en bronze, calibrées au $\frac{1}{100}$ de millimètre, 4 du type A, de diamètres 1, 2, 4 et 8^{cm}, et 2 du type B, de diamètres 2 et 4^{cm}. Pour les deux tuyères de 2^{cm}, l'ajutage cylindrique, de 0,2 diamètre de longueur, est amovible; on a pu ainsi opérer avec ou sans lui.

Les expériences ont consisté à alimenter chaque tuyère sous des charges variant, en progression géométrique, entre 0,1 et 8^{m}, et à mesurer, avec

---

(1) Voir ci-dessous, p. 326, la Note de M. F. Rathery et Mlle L. Levina.

(2) Séance du 19 juillet 1926.

Tuyère A.

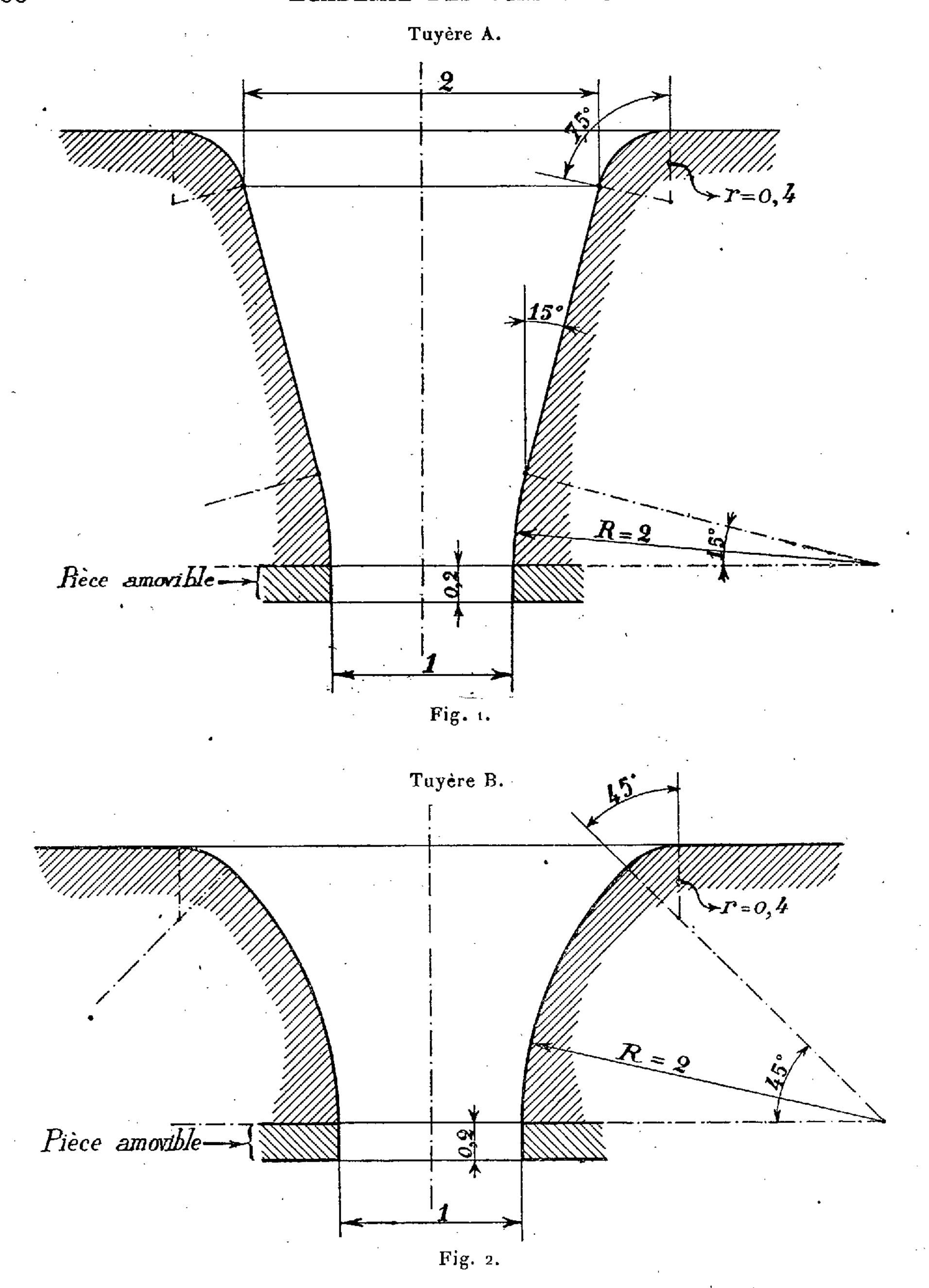


Fig. 1.

Tuyère B.

Fig. 2.

toute précision réalisable, les charges et les débits correspondants. La tuyère était fixée au centre du fond circulaire plan d'un réservoir cylin-

drique en tôle, de 1^m de diamètre intérieur et 1^m de hauteur, d'axe parfaitement vertical. Ce réservoir, entièrement clos, était alimenté au moyen d'une tuyauterie d'adduction d'eau venant d'un bac à trop-plein, et comportait intérieurement divers dispositifs régularisateurs du courant et amortisseurs de la turbulence, et destinés aussi à s'opposer à tout mouvement gyratoire de la masse liquide. Ces dispositifs se sont montrés parfaitement efficaces. Une vanne en amont du réservoir permettait de régler la charge sur l'orifice de la tuyère entre quelques centimètres, voire quelques millimètres d'eau, et 7 à 8^m, le réservoir demeurant plein, même sous les plus faibles charges, ce qui assurait une alimentation régulière de la tuyère, irréalisable sans un artifice de ce genre.

Les charges étaient mesurées avec un manomètre à eau de 10^m de hauteur, et les volumes d'eau, suivant les cas, à l'aide d'une bâche ou de bassins jaugés par pesées. L'eau débitée pouvait être dirigée à volonté vers les appareils de jaugeage (bâche ou bassins) par un collecteur oscillant, permettant une grande rapidité de manœuvre.

Pendant l'expérience, un opérateur relevait la charge à intervalles égaux de 15, 20 ou 30 secondes, selon la durée de la mesure, de manière à obtenir chaque fois huit lectures au moins. On mesurait aussi la température de l'eau dans la bâche ou dans le bassin au moyen d'un thermomètre à mercure donnant le $\frac{1}{10}$ de degré, et la température de la salle au voisinage du manomètre.

Approximation des résultats. — Le volume des bassins était apprécié avec une erreur relative de $\frac{1}{5000}$, et celui de la bâche à $\frac{1}{10000}$ près. Les temps étaient mesurés avec une approximation de $\frac{1}{10}$ de seconde au début d'une expérience, $\frac{1}{10}$ de seconde à la fin, soit au total $\frac{2}{10}$, pour des durées de 180 à 1000 secondes, ou en valeur relative $\frac{1}{900}$ à $\frac{1}{5000}$. Les charges, moyennes de 8 à 20 mesures, pouvaient être considérées comme connues à $\frac{1}{10}$ de millimètre à 1^{mm} près suivant leurs valeurs, soit $\frac{1}{1000}$ à $\frac{1}{8000}$ d'erreur possible. Dans ces conditions, l'erreur relative d'ensemble peut être évaluée en moyenne à $\frac{1}{1000}$. Effectivement, quand un régime était bien établi, des mesures successives de m, surtout pour des valeurs élevées de la charge, ne différaient entre elles souvent que de $\frac{1}{10000}$ à $\frac{5}{10000}$; assez fréquemment les nombres coïncidaient exactement jusqu'au quatrième chiffre. Par contre, quand on voulait tracer une courbe correspondant à des chiffres successifs, ou reproduire un régime antérieurement réalisé, il n'était pas rare d'observer des écarts supérieurs à $\frac{1}{1000}$, notamment pour certaines charges, voisines de $0^m,5$, et auxquelles le régime semble un peu instable.

Le nombre total des mesures effectuées a dépassé 650. Ainsi qu'on peut s'en rendre compte par l'examen des graphiques 3 à 6, la proportion des points expérimentaux qui se groupent dans une zone de $\frac{2}{1000}$ de largeur atteint 80 pour 100 et est même souvent, notamment avec les petits diamètres, sensiblement supérieure.

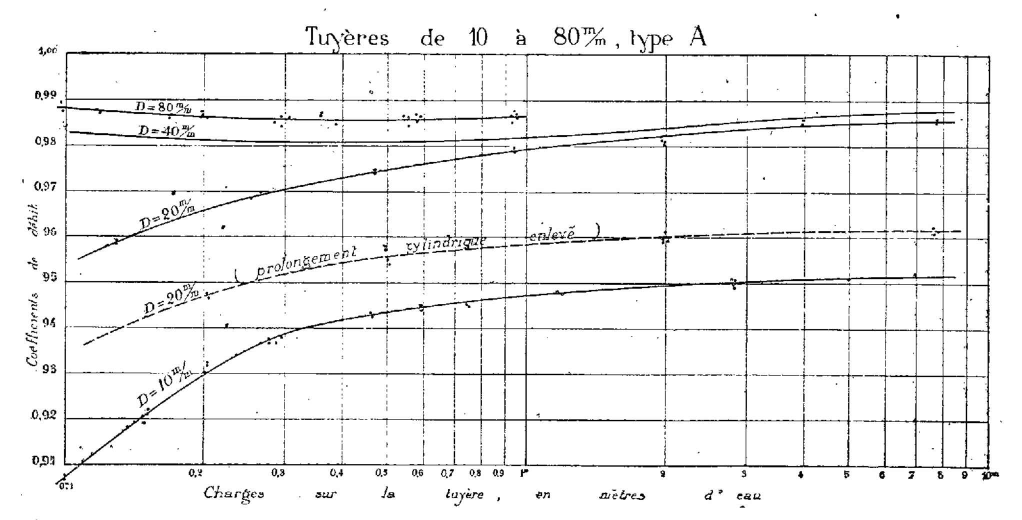


Fig. 3. — Coefficients de débit à la température de 12°.
(Voir *fig.* 5 pour les points relatifs à la tuyère de 40^{mm}.)

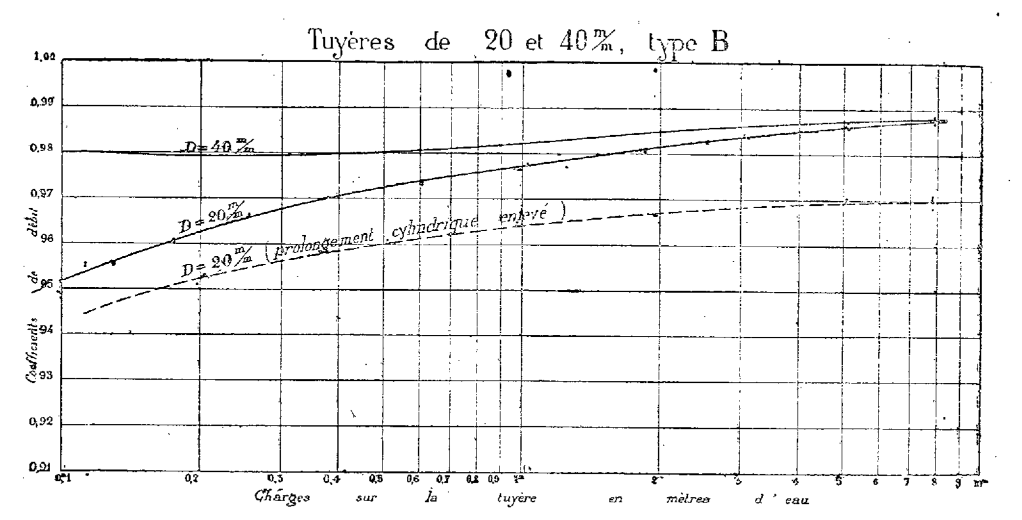


Fig. 4. — Coefficients de débit à la température de 12°.
(Voir *fig.* 6 pour les points relatifs à la tuyère de 40^{mm}.)

Conclusions. — 1° La forme du profil longitudinal de la tuyère (recti-

ligne ou circulaire) ne semble pas exercer une très grande influence. Les valeurs de m, toutes choses égales d'ailleurs, sont sensiblement équivalentes, avec peut-être une légère supériorité du profil A (rectiligne) pour les faibles et moyennes charges, et au contraire, du profil B (circulaire) pour les charges élevées.

En ce qui concerne l'aspect du jet s'échappant de la tuyère, le profil rectiligne donne des veines plus régulières et de plus belle tenue que le profil circulaire.

Beaucoup plus considérable paraît être, par contre, l'influence de l'ajutage cylindrique à la sortie de la tuyère; la suppression de cet ajutage, aux tuyères de 2^{cm}, a fait baisser le coefficient de débit de 1,5 à 2 pour 100 et plus, surtout avec le profil rectiligne A, ainsi que l'on s'en rend compte à l'examen des figures 3 et 4.

2° m croît avec les dimensions des tuyères. L'influence est surtout sensible pour les faibles charges, alors que le rapprochement des courbes s'accentue pour les charges élevées. Toutes autres choses égales, m varie à peu près linéairement pour les valeurs du diamètre de sortie comprises entre 8 et 2^{cm}; la diminution est beaucoup plus forte pour la tuyère de 1^{cm}.

3° En général, et tout au moins pour les petits diamètres, m croît constamment avec la charge, et tend vers un maximum voisin de 0,99, surtout avec les diamètres moyens et grands. Avec ces diamètres, il semble se relever également pour les faibles valeurs de la charge, en passant par un minimum aux environs de $0^{m},5$, du moins aux températures voisines de 15°.

4° L'aspect de la veine à la sortie varie avec la charge. Pour les valeurs élevées, la veine est stable et sensiblement cylindrique, mais d'aspect trouble, sauf sur une longueur de 1 à 2^{cm} à la sortie de la tuyère, où elle est parfaitement transparente. Quand la charge s'abaisse, la turbulence diminue, la zone transparente s'allonge; bientôt on ne remarque plus que quelques vibrations et pulsations, et enfin la veine devient parfaitement stable et transparente; elle a l'aspect d'un bâton de cristal. D'abord cylindrique, elle s'amincit en forme de conque renversée si l'on abaisse la charge à quelques centimètres ou quelques millimètres. Cet effet est dû à la prépondérance de l'action de la gravité après la sortie de la tuyère.

Avec la tuyère de 8^{cm}, même pour les plus faibles charges, la veine n'est jamais parfaitement tranquille, mais est toujours le siège de déformations et pulsations lentes.

Il semble qu'à la charge de $0^{m},5$ il se produise un changement de régime;

les courbes n'ont pas la même allure en deçà et au delà; c'est pour les charges inférieures à $0^m,5$ qu'on observe, aux températures élevées, avec les grands et moyens diamètres, une augmentation de m.

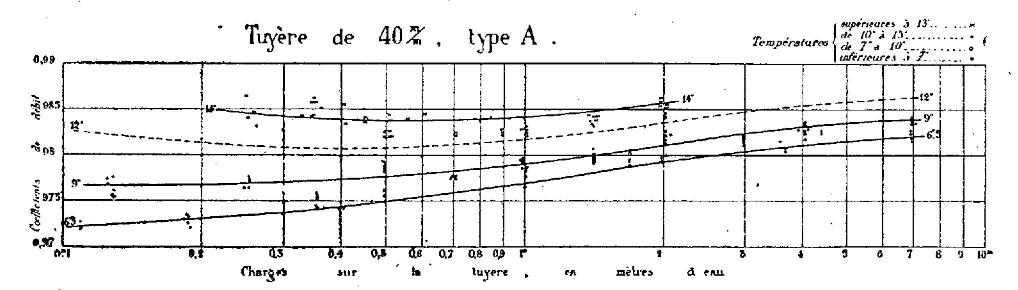


Fig. 5. — Variation du coefficient de débit avec la température de l'eau.

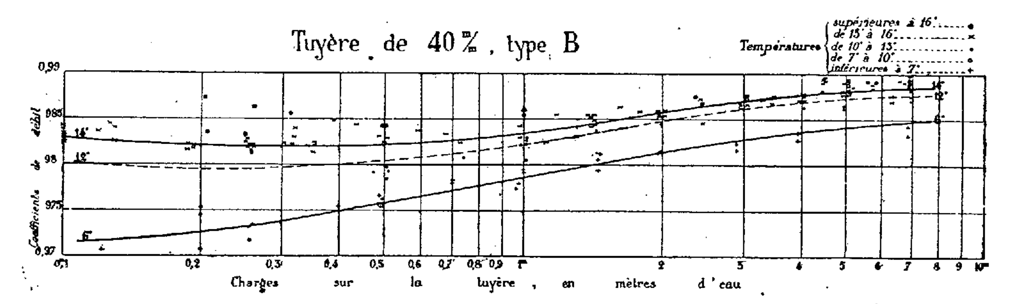


Fig. 6. — Variation du coefficient de débit avec la température de l'eau.

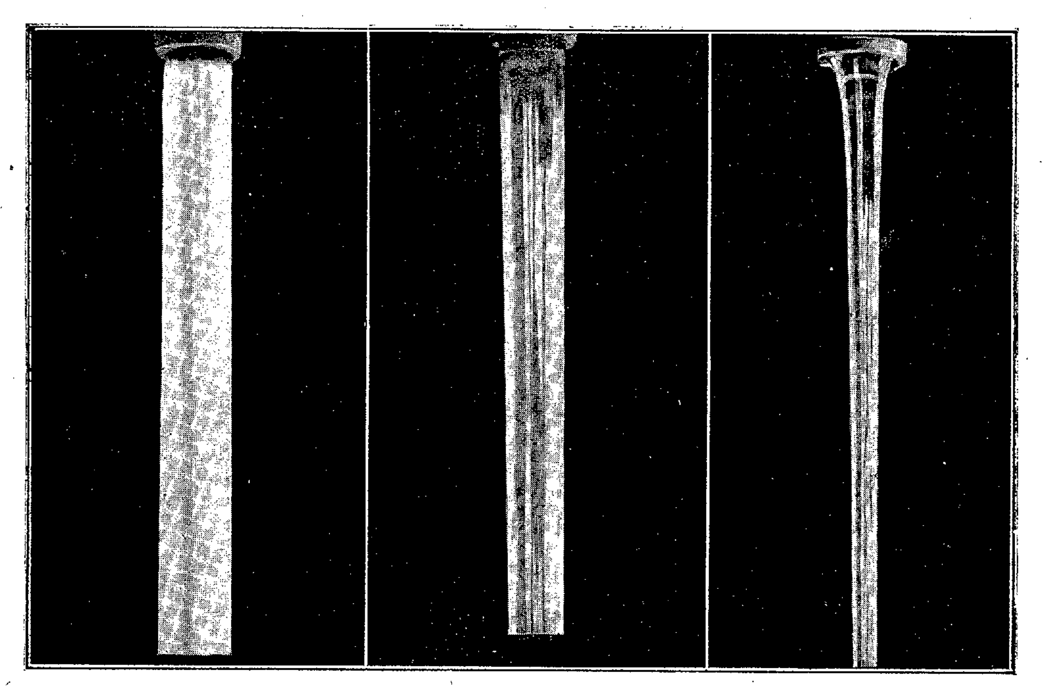
5° La température exerce une influence considérable, d'autant plus sensible que la charge est plus faible. Les figures 5 et 6 montrent cette influence pour les deux tuyères de 4^{cm}, et pour des températures variant de 6° à 14°. La viscosité joue donc un rôle important.

Nota. — Les expériences ci-dessus résumées, qui ont été effectuées avec une précision qu'il paraît bien difficile de dépasser, et les résultats qu'elles ont fournis, offrent un haut intérêt, d'abord pour la théorie de l'hydraulique, mais, surtout, au point de vue pratique, pour les mesures de débit simples et correctes à l'aide de tuyères dont l'emploi serait normalisé. Nous avons maintenant l'assurance qu'en utilisant des tuyères semblables à celles dont les formes sont indiquées dans la Note et opérant avec soin, on pourra obtenir des chiffres exacts à quelques millièmes près.

Il reste désirable d'étendre les expériences à des charges supérieures à 8^m, à des diamètres plus grands que 8^{cm}, et à des températures au-dessus de 16°.

Cependant, en extrapolant les résultats actuels, on aura tout de même, dans ces cas, une approximation suffisante puisque les variations du coefficient de dépense ne peuvent dépasser quelques millièmes.

Aspect de la veine avec la tuyère de 40^{mm}, type A. (Profil rectiligne.)



H = 8^m.	H = $0^m,20$.	H = quelques millimètres.
Veine trouble.	Veine transparente, cylindrique.	Veine transparente, effilée.
(Régime turbulent.)	(Régime non turbulent.)	

Il conviendrait aussi d'expérimenter *avec les mêmes formes de tuyères* sur des fluides autres que l'eau, spécialement l'air (avec la vapeur d'eau, c'est déjà en partie fait par mes propres expériences de 1896 et toutes celles qui ont été faites depuis). Malheureusement il faudrait pour cela pouvoir disposer d'un outillage coûteux, notamment d'un gazomètre de grande capacité.

Je crois bien que c'est la première fois qu'on a mis nettement en évidence les variations du coefficient de débit avec la charge et avec la température de l'eau, et qu'on a prouvé la possibilité d'atteindre une valeur voisine de 0,99.

Ce travail démontre l'utilité fondamentale de laboratoires bien outillés

ouverts au public et susceptibles d'apporter une aide au perfectionnement des théories et des applications de l'hydraulique.

A. R.

CORRESPONDANCE.

BALISTIQUE. — *Sur la convergence des séries de la Balistique extérieure.* Note de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Hadamard.

Dans nos leçons à la Sorbonne (¹) nous avons montré que si l'on choisit la bouche du canon pour l'origine des coordonnées et que si l'on dirige l'axe des z suivant la vitesse initiale et l'axe des y suivant la verticale descendante, les équations du mouvement s'écrivent

$$\frac{dy'}{dt} = g - y'f(v), \quad \frac{dy}{dt} = y', \quad \frac{dz'}{dt} = -z'f(v), \quad \frac{dz}{dt} = z', \quad v = \sqrt{(y'+z')^2 - 4y'z'\sin^2\frac{\varphi}{2}},$$

avec les conditions initiales $t = 0$, $y = 0$, $z = 0$, $y' = 0$, $z' = v_0$. Ici l'on a $\varphi = \frac{\pi}{2} + \alpha$, où α est l'angle de projection, et $f(v) = \frac{cF(v)}{v}$, où $cF(v)$ est la force de résistance par unité de masse. On suppose que $F(v)$ est une fonction holomorphe de la vitesse v le long de l'axe positif des v et que nulle pour $v = 0$ cette fonction croît avec v, quand v prend des valeurs réelles et positives. Dans ces conditions le théorème de Poincaré, sur les intégrales considérées comme des fonctions des paramètres, montre que y, z, y', z' sont des fonctions holomorphes de $\sin^2\frac{\varphi}{2}$ dans l'intervalle $(-1+\varepsilon, +1-\varepsilon)$ de $\sin\frac{\varphi}{2}$ et que par conséquent on a

$$y = y_0(t) + y_1(t)\sin^2\frac{\varphi}{2} + y_2(t)\sin^4\frac{\varphi}{2} + \ldots$$

et des développements pareils pour z, y', z'. Les coefficients $y_n(t)$ sont

(¹) *Les méthodes d'intégration de Poincaré et le problème général de la Balistique extérieure* (*Mémorial de l'Artillerie française*, 5, f. XVII, 1926, p. 66. Voir aussi *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 337-340).

des fonctions de t qui ne dépendent pas de φ et qu'on obtient par des quadratures. A tout intervalle positif (o, T) du temps correspond un R_T de façon que les séries ci-dessus convergent uniformément dès que $\left|\sin\frac{\varphi}{2}\right| \leq R_T$.

Pour obtenir des développements convergents pour toutes les valeurs réelles de $\sin\frac{\varphi}{2}$ de l'intervalle $(-1+\varepsilon, +1-\varepsilon)$ et de t de l'intervalle (o, T) nous remarquerons que les points singuliers des séries y, y', z, z' sont en dehors d'une ellipse dans le plan des $\sin\frac{\varphi}{2}$, dont le centre est à l'origine, dont le demi-grand axe est $1-\varepsilon$ et le demi-petit axe est convenablement choisi. Soit alors, conformément à la méthode connue de Poincaré-Sundman, $\sin\frac{\varphi}{2} = \psi(\lambda)$ la fonction qui donne la transformation conforme de cette ellipse sur un cercle de rayon *un* de façon qu'on ait $0 = \psi(0)$ et que l'axe réel du plan des $\sin\frac{\varphi}{2}$ corresponde à l'axe réel du plan des λ. Les y, z, y', z' qui sont des fonctions holomorphes de $\sin\frac{\varphi}{2}$ dans l'ellipse, deviennent des fonctions holomorphes de λ dans le cercle de rayon *un* et l'on obtient ainsi les développements

$$y = \eta_0(t) + \eta_1(t)\lambda^2 + \eta_2(t)\lambda^4 + \ldots,$$

valables pour toutes les valeurs de t de l'intervalle (o, T) et pour tous les angles de projection réels et plus petits que $\frac{\pi}{2}$. Ici on a de plus

$$\eta_0(t) = y_0(t), \qquad \eta_1(t) = y_1(t).\psi'(0)^2$$

et ainsi de suite.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Changements récemment observés sur la planète Jupiter avec la lunette de* 0m,83 *de l'Observatoire de Meudon.* Note de M. **E.-M. Antoniadi**, transmise par M. H. Deslandres.

Jupiter présente en ce moment un aspect bien différent de celui des dernières années, à cause de l'amincissement exceptionnel de la grande bande tropicale sud et de la disparition presque totale de la composante australe de cette bande.

La tache rougeâtre, d'une teinte rose pâle, adhère toujours à la bande supérieure (*fig.* 1), comme à l'époque de J.-D. Cassini (1665-1692); mais

elle est actuellement très éloignée de la bande tropicale sud. Elle se présente floconneuse, très allongée dans le sens du parallèle, a une forme hexagonale irrégulière, remontante vers son extrémité précédente, et offre une plus grande intensité au Nord. Une tache foncée marque son extrémité

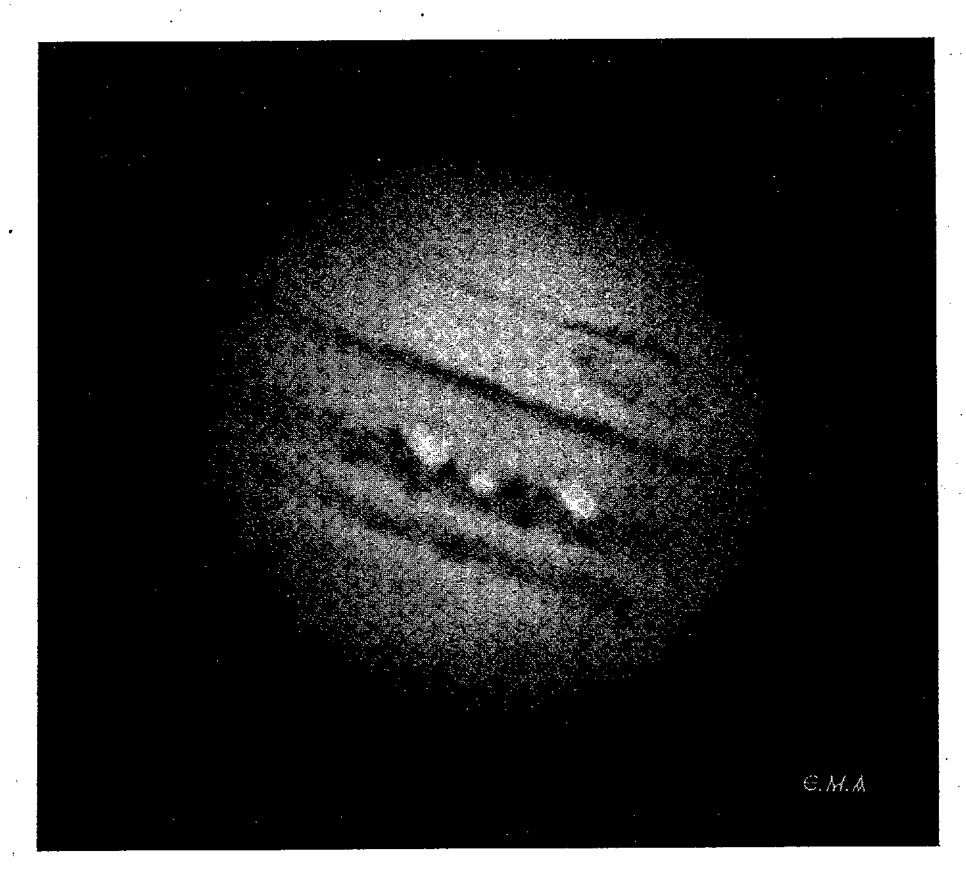


Fig. 1. — Jupiter, le 12 juillet 1926, à $23^h 25^m$.

suivante, tandis qu'une grisaille remonte du milieu de son contour inférieur.

La bande tempérée sud paraît calme dans la partie qui précède la tache rougeâtre, active et tachetée ailleurs (*fig.* 2).

L'étroitesse et l'intensité de la bande tropicale sud me frappèrent le 22 juillet.

D'autre part, la large bande tropicale nord a un aspect très irrégulier et noueux, et l'on y remarque une multitude de taches sombres déchiquetées, frappantes au premier coup d'œil jeté dans le grand instrument.

Enfin, la bande tempérée nord paraît large, foncée et irrégulière de forme et de ton.

Les bandes tropicales sont d'un rose lilas intense, les tempérées tirant sur le mauve.

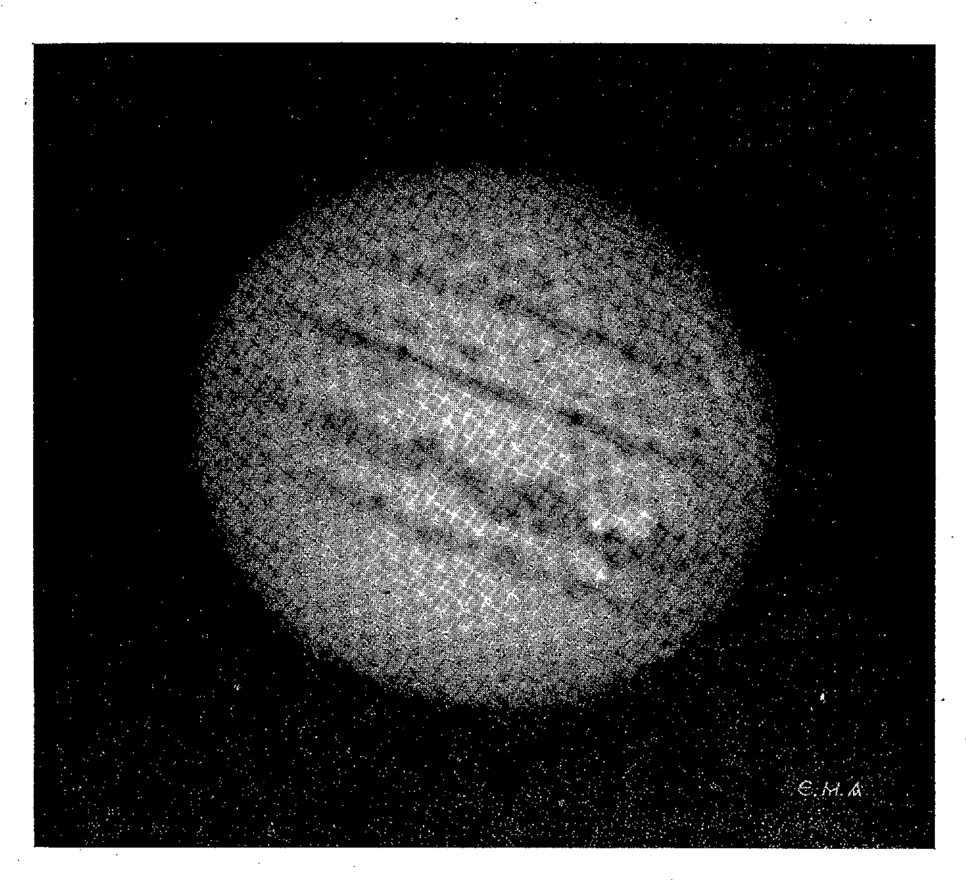


Fig. 2. — Jupiter, le 13 juillet 1926, à $23^h 35^m$.

M. Baldet et Mlle Roumens, observant souvent avec moi, ont vu la plupart de ces détails.

L'activité, autrefois si marquée dans l'hémisphère austral, se porte actuellement dans l'hémisphère boréal de la planète.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un type général de problèmes, permettant la séparation des variables dans la mécanique ondulatoire de Schrödinger.* Note de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. Hadamard.

1. J'ai rappelé, dans une Note récente ([1]), la position du problème fondamental de Schrödinger; j'indiquais le cas le plus simple qui se résolve par séparation des variables; mais, en examinant les divers problèmes traités par Schrödinger et Eues, j'ai constaté qu'ils se rattachaient tous à un type plus général, que je veux indiquer ici.

Je suppose que les coefficients d'inertie m^{kl} sont nuls, lorsque $k \neq l$. Quant aux coefficients m^{kk}, ils ont la forme suivante :

$$(1)\qquad m^{11} = \mu_1(q^1), \qquad m^{22} = \mu_1(q^1)\,\mu_2(q^2), \qquad \ldots \qquad m^{kk} = \mu_1(q^1)\mu_2(q^2)\ldots\mu_k(q^k)$$

jusqu'à

$$m^{nn} = \mu_1(q^1)\mu_2(q^2)\ldots\mu_n(q^n).$$

Le déterminant m prend alors la valeur

$$(2)\qquad m = m^{11}m^{22}\ldots m^{nn} = (\mu_1)^n(\mu_2)^{n-1}\ldots(\mu_k)^{n-k+1}\ldots(\mu_{n-1})^2\mu_n.$$

Pour l'énergie potentielle, j'admets la forme

$$(3)\qquad V = \sum_k \mu_1\mu_2\ldots\mu_{k-1}u_k(q^k),$$

les fonctions μ étant les mêmes que dans les coefficients d'inertie ([2]).

Je vais montrer que l'on peut alors trouver la solution générale

$$(4)\qquad \psi = \psi_1(q^1)\psi_2(q^2)\ldots\psi_k(q^k)\ldots\psi_n(q^n),$$

où les variables sont séparées.

2. Je récris d'abord l'équation fondamentale, en tenant compte de la décomposition (4); elle prend l'aspect

$$(5)\qquad \sum_k m^{\frac{1}{2}}(\psi_k)^{-1}\frac{\partial}{\partial q^k}\left\{m^{-\frac{1}{2}}m^{kk}\frac{\partial\psi_k}{\partial q^k}\right\} - \frac{8\pi^2}{h^2}V + \frac{8\pi^2}{h^2}E = 0.$$

([1]) L. Brillouin, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 24, équation (3). — E. Schrödinger, *Ann. der Phys.*, 79, 1926, p. 361, 489 et 734. — E. Fues, *Ann. der Phys.*, 80, 1926, p. 367.

([2]) En mécanique classique, ce problème rentrerait dans le type de Stäckel.

Il s'agit de trouver les valeurs propres de E, c'est-à-dire celles pour lesquelles il existe une solution ψ continue, finie, uniforme dans toute l'extension en phase.

Si je tiens compte des hypothèses (1), (2) et (3), l'équation (5) peut être transcrite ainsi :

$$(6)\quad \sum_k \mu_1\mu_2\ldots\mu_{k-1}\left[(\psi_k)^{-1}(\mu_k)^{\frac{n-k+1}{2}}\frac{\partial}{\partial q^k}\left\{(\mu_k)^{-\frac{n-k-1}{2}}\frac{\partial\psi_k}{\partial q^k}\right\}-\frac{8\pi^2}{h^2}u_k\right]+\frac{8\pi^2}{h^2}\mathrm{E}=0.$$

Nous pourrons alors résoudre des équations séparées en cascade, les unes après les autres; nous commencerons par chercher les valeurs propres α_n de la $n^{\text{ième}}$ équation

$$(7)\quad (\psi_n)^{-1}\mu_n^{\frac{1}{2}}\frac{\partial}{\partial q^n}\left\{\mu_n^{\frac{1}{2}}\frac{\partial\psi_n}{\partial q^n}\right\}-\frac{8\pi^2}{h^2}u_n+\frac{8\pi^2}{h^2}\alpha_n=0.$$

Nous obtiendrons une suite discontinue de valeurs propres $\alpha_n(l_n)$ dépendant d'un nombre entier l_n; choisissons une de ces valeurs, et nous sommes amenés à résoudre l'équation de rang $(n-1)$

$$(8)\quad (\psi_{n-1})^{-1}(\mu_{n-1})^{\frac{2}{2}}\frac{\partial}{\partial q^{n-1}}\left\{(\mu_{n-1})^0\frac{\partial\psi_{n-1}}{\partial q^{n-1}}\right\}-\frac{8\pi^2}{h^2}(u_{n-1}+\alpha_n\mu_{n-1})+\frac{8\pi^2}{h^2}\alpha_{n-1}=0,$$

ce qui nous donne une nouvelle série de valeurs propres $\alpha_{n-1}(l_n, l_{n-1})$ dépendant d'un nouveau nombre entier l_{n-1}, en plus de l_n.

De proche en proche, nous arrivons au rang k, avec l'équation

$$(9)\quad (\psi_k)^{-1}(\mu_k)^{\frac{n-k+1}{2}}\frac{\partial}{\partial q^k}\left\{(\mu_k)^{-\frac{n-k-1}{2}}\frac{\partial\psi_k}{\partial q^k}\right\}-\frac{8\pi^2}{h^2}(u_k+\alpha_{k+1}\mu_k)+\frac{8\pi^2}{h^2}\alpha_k=0.$$

Chacune de ces équations ne porte que sur une seule variable [1].

La dernière équation $(k=1)$ nous permet de déterminer une suite de valeurs propres $\alpha_1(l_n, l_{n-1}, \ldots, l_2, l_1)$ qui dépend de n nombres entiers, dont les $n-1$ premiers ont été introduits au cours des résolutions précédentes; nous obtenons la suite des valeurs propres E en posant

$$\mathrm{E}=\alpha_1(l_n, l_{n-1}, \ldots, l_2, l_1).$$

Ces valeurs propres donneront les niveaux d'énergie quantifiés pour le système étudié. On pourra, pour chacune des équations (7), (8), (9), employer la méthode de résolution par approximations successives, que j'ai donnée dans ma Note précédente.

---

(1) Il faut évidemment que les conditions aux limites se présentent aussi sous une forme séparée pour chacune des variables.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur la nouvelle Mécanique ondulatoire.* Note (1) de M. **Louis de Broglie**, transmise par M. M. de Broglie.

I. Les récents travaux de M. Schrödinger (2) ont confirmé nos idées sur la nature ondulatoire de la mécanique. Pour obtenir l'équation de propagation de l'onde associée au mouvement d'un point matériel dans un champ courant, considérons l'équation de l'énergie

$$H(q_k, p_k) - E = 0$$

où les q_k sont des coordonnées cartésiennes *rectangulaires* et les p_k les moments conjugués; à cette équation, faisons correspondre l'opérateur obtenu en substituant à chaque p_k le symbole $K\frac{\partial}{\partial q_k}$ avec $K = \frac{h}{2\pi\sqrt{-1}}$. L'équation de propagation est

$$H\left(q_k, K\frac{\partial}{\partial q_k}\right)u - Eu = \frac{K^2}{2m}\Delta u - [E - F(q_k)]\,u = 0,$$

u étant la fonction qui représente l'onde associée et E la somme constante de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle $F(q_k)$.

Léon Brillouin (3) a remarqué qu'en posant $u = e^{\frac{S}{K}}$ et en négligeant en première approximation les termes où figure h, on trouvait l'équation de Jacobi

$$\frac{1}{2m}\sum_{xyz}\left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)^2 + F = E.$$

La méthode de Jacobi fournit toutes les trajectoires possibles et celle qui est effectivement parcourue dans un mouvement donné est déterminée par les conditions initiales. Mais, si l'on est obligé de tenir compte des termes en h (cas de la mécanique intra-atomique), quel sens doit-on conserver au mot trajectoire?

II. Introduisons la Relativité (4). Désignons par W l'énergie *totale* qui comprend l'énergie interne m_0c^2 du mobile. Nous devons écrire pour le

(1) Séance du 19 juillet 1926.
(2) *Ann. de Phys.*, **79**, 1926, p. 351, 489 et 734.
(3) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 270.
(4) Cf. Dirac, *Proc. Roy. Soc.*, A, **111**, 1926, p. 405.

point matériel libre

$$\frac{W^2}{c^2} - p_x^2 - p_y^2 - p_z^2 = m_0^2 c^2,$$

et le temps joue maintenant le rôle d'une variable analogue à celle d'espace mais dont le moment conjugué serait — W. En remplaçant chaque p_k par $K \frac{\partial}{\partial q_k}$ et de plus — W par $K \frac{\partial}{\partial t}$, on trouve pour équation de propagation

$$K^2 \left[\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \Delta u \right] = m_0^2 c^2 u.$$

La fonction u étant périodique de fréquence ν, tout se passe comme si le milieu possédait pour l'onde associée l'indice de réfraction $n = \sqrt{1 - \frac{m_0^2 c^4}{h^2 \nu^2}}$ résultat déjà connu ([1]).

Pour traiter le cas d'un électron de charge e soumis à un champ électromagnétique, nous introduirons le vecteur quadridimensionnel énergie-quantité de mouvement $\vec{p}$ et le vecteur « potentiel d'univers » $\vec{\varphi}$ qui résument le potentiel scalaire ψ et le potentiel vecteur $\vec{a}$. On peut alors écrire la relation invariante

$$\sum_i (p_i - e\varphi_i)(p^i - e\varphi^i) = (p_4 - e\varphi_4)^2 - \sum_{1,2,3} (p_1 - e\varphi_1) = m_0^2 c^2.$$

Remplaçons chaque p_k par $K \frac{\partial}{\partial q_k}$ en tenant compte de la relation de Lorentz entre les potentiels; il vient

$$\text{(A)} \quad K^2 \left[\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \Delta u \right] - 2 \frac{e\psi}{c^2} K \frac{\partial u}{\partial t} + K \frac{e}{c} \sum_{x,y,z} a_x \frac{\partial u}{\partial x} + \left[\frac{e^2}{c^2} (\psi^2 - a^2) - m_0^2 c^2 \right] u = 0.$$

Posons $u = e^{\frac{S}{K}}$ et négligeons les termes en h. Il reste la forme relativiste de l'équation de Jacobi

$$\text{(B)} \qquad \frac{1}{c^2} \left(\frac{\partial S}{\partial t} - e\Psi \right)^2 - \sum_{x,y,z} \left(\frac{\partial S}{\partial t} - \frac{e}{c} a_x \right)^2 = m_0^2 c^2.$$

Si les champs sont constants, on peut poser $\frac{\partial S}{\partial t} = h\nu$ où ν est une constante.

([1]) Cf. L. DE BROGLIE, *Journal de Physique*, 6e série, 7, janvier 1926, p. 1.

On trouve alors pour l'indice dans la direction faisant l'angle θ avec le vecteur $\vec{a}$:

$$n_\theta = \frac{c}{h\nu}\sqrt{\sum_{x,y,z}\left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)^2} = \frac{c}{h\nu}\left[e\,a\cos\theta \pm \sqrt{\left(\frac{h\nu - e\psi}{c}\right)^2 - m_0^2c^2 - e^2a^2\sin^2\theta}\right].$$

La présence du potentiel vecteur rend la propagation anisotrope (¹).

Quand les potentiels sont des fonctions données du temps, l'équation (B) correspond à la mécanique d'Einstein ; pour pousser plus loin l'approximation, on devra étudier les solutions de (A) et ici encore on devra se demander quel sens attribuer à la notion de trajectoire. La question se pose sous forme aiguë dans le cas de l'interaction de plusieurs charges, car alors les potentiels agissant sur l'une d'elles ne sont plus des fonctions données du temps, mais sont jusqu'à présent considérés comme déterminés par les positions successives des autres charges.

FLUORESCENCE. — *Luminescence de l'eau et des substances organiques soumises au rayonnement* γ. Note de M. **Lucien Mallet**, présentée par M. A. Cotton.

Si l'on vient à exposer de l'eau à une source de radium (30^{mg} de radium), fortement filtrée par 2^{mm} de platine, filtration qui ne laisse passer que 13 pour 100 de rayons γ mous et 81 pour 100 de rayons γ durs, on constate, après une adaptation dans l'obscurité d'environ 15 minutes, que cette eau (mise dans un récipient en bois pour éviter la luminescence des parois) présente une luminescence blanche; cette luminescence a son maximum au voisinage du foyer radioactif.

Lorsque la couche d'eau recouvrant le tube est seulement de quelques millimètres, le phénomène est peu intense; il augmente d'intensité avec l'épaisseur d'eau jusqu'à 8 ou 10^{cm}; ceci est en rapport avec l'addition des effets de luminescence dans les couches d'eau successives qui absorbent assez fortement le rayonnement γ et relativement peu la lumière.

Lorsque les sources de radium sont placées à l'extérieur du récipient, le phénomène, bien qu'atténué par la distance, est encore extrêmement net. Un jet d'eau courante s'illumine également lorsqu'on l'expose au rayonnement γ.

Nous avons établi le contrôle photographique de ces divers phénomènes.

(¹) L. de Broglie, *Thèse*, p. 39.

Pour une distance de 15^{cm} du foyer radioactif et une épaisseur d'eau de 10^{cm}, l'impression photographique (pose de 17 heures) est très intense, alors que l'impression radiographique γ de la région protégée par une feuille de papier noir est extrêmement faible. Le noircissement de luminescence est au moins cinq à six fois plus intense que le noircissement dû au rayonnement γ.

En nous mettant en grande partie à l'abri de l'influence directe du rayonnement γ par de très épais écrans de plomb (12^{cm}), nous avons obtenu des images fortement impressionnées par la lumière de luminescence.

N'ayant pu encore poursuivre les recherches spectrographiques, nous avons, par l'emploi de divers écrans, cherché à nous rendre compte de la composition du rayonnement.

Les images photographiques ont montré nettement une absorption plus intense par le verre (1^{mm}) que par le quartz (5^{mm}) et le sel gemme (5^{mm}) cristallisés. On sait que le verre ordinaire ne laisse passer que jusqu'à 3000 Å seulement; par conséquent, le rayonnement luminescent comporte des radiations au delà de 3000 Å, le quartz et le sel gemme laissant passer des radiations au-dessous de 1800 Å pour des épaisseurs de plusieurs millimètres.

La luminescence de l'eau émet donc, en toute vraisemblance, un rayonnement ultraviolet de longueur d'onde inférieure à 3000 Å.

La glace transparente exposée au rayonnement γ est luminescente, mais avec une intensité plus faible que l'eau à 20°.

Nous avons étudié un certain nombre de liquides transparents : l'alcool, l'éther ordinaire, le chloroforme, le sulfure de carbone. Tous ont présenté une luminescence de l'ordre de celle de l'eau. Les huiles, les graisses et la cire blanche sont également luminescentes. L'albumine et le sérum sanguin sont aussi nettement fluorescents. Les effets photographiques produits par la luminescence des graisses et de l'albumine sont moins intenses que ceux de l'eau et la comparaison de l'absorption du verre et du quartz ne montre pas de différence appréciable de noircissement, ceci tenant à la grande absorption de l'ultraviolet par les graisses ou l'albumine.

Ces premières constatations posent, au point de vue physico-chimique et biologique, des questions intéressantes. Elles tendent à montrer la généralité des phénomènes de luminescence et expliquent, dans une certaine mesure, l'identité d'action des radiations X, γ et ultraviolettes. Elles nous font entrevoir, dans les effets biologiques, l'action d'un rayonnement ultraviolet produit sous l'influence des radiations pénétrantes X et γ.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Une action probable de la matière sur les quanta de radiation.* Note de M. F. **Wolfers**, présentée par M. A. Cotton.

Les recherches que j'ai poursuivies depuis trois ans sur de nouveaux phénomènes présentés par la lumière et par les rayons X m'ont conduit à formuler l'hypothèse suivante, que l'on rapprochera de l'*induction moléculaire* admise par M. J. Perrin : Appelant *photons* les projectiles qui sont supposés transporter l'énergie rayonnante tout en possédant un caractère de périodicité de fréquence ν (atomes de lumière), je suppose que les photons peuvent être repoussés par les atomes matériels lorsqu'ils passent par leur voisinage immédiat, tout au moins dans le cas des atomes orientés qui forment la surface de séparation de deux milieux. On peut imaginer que cette répulsion se fait grâce à une sorte de résonance entre les photons et des résonateurs qui sont juste assez éloignés de la trajectoire pour qu'il n'y ait pas absorption.

Dans le cas des rayons X ([1]), mes expériences ont montré que l'ombre d'un objet opaque, projetée sur une plaque sensible, est *systématiquement trop large;* le bord réel de l'ombre géométrique est séparé du bord apparent par une frange claire (minimum d'intensité). Le détail de ces expériences sera publié ultérieurement. Cet effet cesse d'être observable pour les rayons très pénétrants, peut-être seulement pour des raisons techniques.

Pour la lumière (de 8000 à 3100 U. Å. environ) j'ai observé des faits analogues ([2]) : Ma théorie des franges supplémentaires ([3]) permet de prévoir approximativement, au moyen de constructions graphiques, l'intensité relative des franges. On trouve ainsi que le premier minimum doit être très peu marqué et se présenter plutôt comme un palier de la courbe de noircissement photographique. L'expérience donne au contraire un minimum très accentué, et l'on a ici encore l'apparence d'une ombre élargie.

Dans tous ces phénomènes il y a donc à distinguer deux effets très différents qui coexistent : d'une part, les franges supplémentaires pour la lumière, et la frange noire unique pour les rayons X, paraissent dues à des

---

([1]) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1385, et **177**, 1923, p. 32.
([2]) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1704; **179**, 1924, p. 262, et **182**, 1926, p. 1531.
([3]) *Journ. Phys.*, **6**, 1925, p. 354.

ondes *diffusées* à la surface de l'écran. J'ai montré (*loc. cit.*) que cette diffusion exigeait l'intervention de certains éléments de discontinuité. D'autre part il y a un *déficit d'énergie* le long du bord de l'ombre géométrique.

Pour expliquer ce déficit plusieurs hypothèses se présentent à première vue, sans qu'on puisse s'y arrêter. Il ne peut s'agir d'une réfraction ni d'une absorption par des gaz absorbés, car ces effets devraient se faire sentir jusqu'à $0^{mm},1$ au moins de la surface, et d'ailleurs les mêmes phénomènes s'observent dans le vide. On pourrait songer à une déviation analogue à celle que prévoit la relativité. Un calcul a été fait dans ce sens par Satyendra Ray; en confondant l'attraction entre noyaux atomiques et électrons avec des forces de gravitation on trouverait en effet des déviations suffisantes. Mais d'une part cette confusion paraît inadmissible, et d'autre part il en résulterait une attraction des rayons lumineux qui ne rendrait pas compte des phénomènes. L'ombre en serait rétrécie et non pas agrandie. C'est pourquoi j'ai formé l'hypothèse énoncée au début de cette Note.

La déviation des trajectoires des photons serait de l'ordre de quelques minutes d'arc. Elle serait peu ou pas du tout variable avec la longueur d'onde, et (au moins pour la lumière) ne dépendrait guère de la nature de l'écran ([1]).

PHOTOCHIMIE. — *Sur la répartition dans l'espace des directions d'émission des photoélectrons.* Note de MM. **Pierre Auger** et **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

I. Nous avons proposé ([2]) une loi de répartition des directions d'émission des photoélectrons valable pour des rayons X incidents de fréquence peu élevée, et qui est alors effectivement bien vérifiée par l'expérience ([3]). On peut montrer que la loi en question est imposée

([1]) La théorie proposée ci-dessus projette quelque lumière sur une hypothèse émise par I. Langmuir (*Phys. Rev.*, 26, 1925, p. 585) à la suite d'un travail sur la diffusion des électrons par les gaz ionisés : le nombre des chocs subis par certains électrons serait très supérieur à ce qu'admettrait la théorie cinétique, ce qui a conduit l'auteur à admettre l'existence de *chocs entre électrons et quanta de lumière*.

([2]) P. Auger et F. Perrin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1742.

([3]) P. Auger, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1939.

par les conditions suivantes, déduites de l'optique classique, mais qui restent sans doute valables en théorie des quanta.

a. Pour une onde incidente polarisée, la probabilité de départ d'un photo-électron dans un cône élémentaire $d\Omega$ *ne dépend, si la fréquence est peu élevée, que de l'angle* θ *que fait ce cône avec le vecteur électrique de l'onde.* Cette probabilité que l'on peut désigner par $P(\theta)\,d\Omega$ détermine alors la distribution dans l'espace des directions initiales des photoélectrons.

b. En superposant les distributions des directions d'émission correspondant à deux ondes de même direction, fréquence et intensité, polarisées dans des plans perpendiculaires, on doit obtenir une distribution de révolution autour de la direction de propagation des ondes. La probabilité totale d'émission dans un cône élémentaire ne peut dépendre alors que de l'angle ω qu'il fait avec l'axe de propagation du rayonnement et non de son azimut λ autour de cet axe, car la superposition de deux ondes de même direction, polarisées à angle droit et de phases indépendantes, est équivalente à de la lumière naturelle. On peut exprimer cette condition par la relation fonctionnelle

$$P(\theta_1) + P(\theta_2) = f(\omega), \tag{1}$$

où θ_1 et θ_2 désignent les angles faits par la direction (ω, λ) considérée avec les vecteurs électriques respectifs des deux ondes superposées. En utilisant les relations $\cos\theta_1 = \sin\omega\cos\lambda$, $\cos\theta_2 = \sin\omega\sin\lambda$, on montre facilement que l'équation (1) impose que $P(\theta)$ soit fonction linéaire de $\cos^2\theta$:

$$P(\theta) = A\cos^2\theta + B. \tag{2}$$

Si l'on admet qu'une onde polarisée ne produit pas d'émission photo-électrique perpendiculairement à son vecteur électrique, on aura $B = 0$, et

$$P(\theta)\,d\Omega = A\cos^2\theta\,d\Omega = A\sin^3\omega\sin^2\lambda\,d\omega\,d\lambda. \tag{3}$$

Cette loi donne sans doute la répartition dans l'espace des impulsions qui arrachent les électrons; les causes de dispersion (vitesses des électrons sur leurs orbites, etc., ajoutent le terme isotropique, B, peu important dans le cas des atomes légers excités très au-dessus de leurs niveaux.

II. Lorsque l'effet photo-électrique est produit par un rayonnement de fréquence élevée, la condition (b) doit subsister, mais non la condition (a), car la quantité de mouvement du quantum incident introduit une dissymétrie qui devient alors importante. En écrivant la conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement on obtient

$$\frac{\sin(\omega' - \omega)}{\sin\omega'} = \frac{a}{\sqrt{(a + a_0)^2 + 2(a + a_0)}}, \qquad \lambda' = \lambda, \tag{4}$$

les angles ω', λ' et ω, λ caractérisant respectivement la direction de recul du reste de l'atome et celle de projection de l'électron au moment où il quitte son orbite. On a posé

$$a = \frac{h\nu}{mc^2}, \qquad a_0 = \frac{\varepsilon_0}{mc^2},$$

ε_0 étant l'énergie cinétique que possédait l'électron avant l'absorption du quantum (égale à l'énergie nécessaire pour arracher cet électron).

Comme la quantité de mouvement du quantum incident se porte sur l'électron et non sur le reste de l'atome, on peut admettre que même pour les fréquences élevées les directions de recul seront distribuées suivant la loi (2). La formule (4) permet alors d'obtenir la répartition des directions de projection des électrons au moment où ils quittent leurs orbites.

En particulier le demi-angle au sommet ω_1 du cône qui partage en deux cette répartition correspond à $\omega' = \frac{\pi}{2}$, et est par suite donné par la relation

$$(5) \qquad \cos\omega_1 = \frac{a}{\sqrt{(a+a_0)^2 + 2(a+a_0)}}.$$

Cette formule doit rester valable pour la répartition observable des directions d'émission des photoélectrons sortis des atomes (¹). Elle se réduit à la formule donnée précédemment (²) pour la direction la plus probable d'émission, lorsque a_0 est négligeable devant a, et donne un déplacement vers l'avant environ $\sqrt{2}$ fois plus faible lorsque le quantum incident excède peu l'énergie d'arrachement de l'électron. L'étude expérimentale des répartitions, faite par la méthode de Wilson (³), vérifie bien la formule (5) :

Origine des électrons.	a.	a_0.	ω_1 (cal.).	ω_1 (mes.).
K Oxygène	0,039	0,00	82°	83°
L Xénon	0,17	0,01	74°	73°
K Xénon	0,084	0,068	81°,5	82°

Pour un rayonnement incident de très haute fréquence les causes de dispersion doivent être négligeables, les directions de recul suivent donc la loi (3) et la répartition des directions d'émission des électrons,

(¹) Les déviations subies pendant la sortie des atomes produisent une dispersion symétrique qui ne peut avoir qu'une faible influence sur la valeur de ω_1.

(²) PIERRE AUGER, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 929.

(³) PIERRE AUGER, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1939.

obtenue en faisant le changement de variables défini par la relation (4), est

$$P\,d\Omega = \frac{3}{4}\,\frac{(1 - \cos\omega_1 \cos\omega)\sin^3\omega}{(1 - 2\cos\omega_1\cos\omega + \cos^2\omega_1)^{\frac{5}{2}}}\,d\omega\,d\lambda,$$

$\cos\omega_1$ étant donné par la relation (5).

PHOTOGRAPHIE. — *Sur la projection et la reproduction des épreuves réticulées.* Note de M. **Rodolphe Berthon**, présentée par M. A. Cotton.

On sait combien paraissent ternes les reproductions des plus brillantes photographies en couleurs obtenues sur supports à éléments microscopiques colorés. Les couleurs sont comme dégradées et les demi-teintes disparaissent.

Ce fait, absolument général, est aussi vrai pour les plaques à pigments trichromes distribués au hasard (plaques autochromes Lumière, plaques Agfa, etc.) que pour les plaques à réseau symétrique (Paget, Dufay, etc.), et même que pour les films à éléments microscopiques réfringents donnant naissance à un réseau virtuellement coloré. Il doit être attribué au phénomène connu en similigravure sous le nom de moires et résultant de la superposition optique de deux réseaux ne coïncidant pas rigoureusement point par point; de cette non-coïncidence point par point entre le réseau sélecteur de la photographie originale et le réseau sélecteur de la plaque de reproduction, résulte nécessairement l'élimination des couleurs qui ne tombent pas en coïncidence.

J'ai été conduit à essayer l'effacement réel du réseau de la photographie originale en projection, convaincu que la reproduction d'une photographie ainsi projetée s'effectuerait avec la même facilité que la photographie directe d'une épreuve en teintes plates ou qu'une aquarelle, par exemple, fait que l'expérience a pleinement justifié.

L'effacement du réseau d'une épreuve ne peut se faire en projection que si ce réseau est symétrique; il ne peut se faire facilement que si le réseau est constitué par de fines lignes colorées parallèles et juxtaposées. Nous prendrons ce cas comme particulièrement simple pour notre démonstration.

Soit un réseau linéaire trichrome projeté par un objectif bien corrigé. La surface entière de l'écran de projection apparaîtra à tout observateur suffisamment rapproché comme couverte de fines lignes colorées se succédant

dans un ordre invariable. Si l'on divise la pupille effective de l'objectif en trois zones, on sait que chacune de ces zones donnera un faisceau couvrant entièrement l'écran de projection, mais avec une intensité lumineuse trois fois moindre. Laissons l'une de ces trois zones projeter directement son pinceau lumineux et le réseau qu'il porte sur l'écran; disposons sur la deuxième zone un prisme à angle très faible (deux à trois minutes) exactement suffisant pour décaler le deuxième faisceau de la largeur d'une seule raie colorée; nous aurons à ce moment sur l'écran deux réseaux lignés mais dont les raies rouges de l'un tomberont sur les raies vertes de l'autre, les raies vertes du premier sur les violettes du second, et les raies violettes sur les rouges du deuxième faisceau. Disposons enfin un second prisme sur la troisième zone de l'objectif de manière à décaler en sens inverse et toujours de la largeur d'une raie le réseau projeté par cette zone, relativement à celui que projette la première zone considérée; nous aurons à ce moment un écran uniformément blanc, car à toute raie rouge se superposera à la fois une raie verte grâce au jeu du premier prisme, et une raie violette grâce au jeu du second prisme, et ainsi de suite pour chacune des teintes primaires. Nous aurons donc remplacé un écran « paraissant » blanc par suite de la juxtaposition de fines raies trichromes, par un écran réellement blanc par suite de la superposition des trois radiations monochromes primaires.

Supposons maintenant que le réseau que nous projetons porte une image photographique. Si nous la projetons avec notre objectif démuni de ses prismes, nous voyons immédiatement qu'un objet rouge sera représenté par une plage hachurée de traits rouges fins et de traits noirs de largeur double. Notre objectif a-t-il au contraire ses prismes, le double décalage du réseau fera que l'intervalle noir sera remplacé par deux lignes rouges. La plage entière sera rouge uniformément et sans réticulation. Nous aurons donc remplacé une projection réticulée par une projection en teintes plates, car ce qui est vrai pour les radiations rouges l'est évidemment pour les teintes vertes ou violettes et, *a fortiori*, pour les teintes complexes.

Les prismes ne sont pas le seul moyen d'effacer les réseaux symétriques en projection. On peut les remplacer par des lames à faces parallèles plus ou moins inclinées, par des lentilles cylindriques ou même sphériques convenablement conjuguées, par des lames de torsion, etc. Le principe reste le même.

On conçoit maintenant, du fait que la projection réticulée, donnée par un objectif nu, se trouve transformée par ces dispositifs divers en projection en teintes plates, que si l'on reprend la projection donnée par le premier

objectif, par un second objectif reportant l'image sur une plaque ou un film semblable au premier, la reproduction doive s'effectuer avec la même simplicité que s'il s'agissait d'une prise de vue originale. Ce que vérifie l'expérience.

Le même principe s'applique à la projection et à la reproduction des films réticulés à éléments microscopiques réfringents dont l'auteur a proposé l'emploi en 1908 pour la cinématographie en couleurs. Il conduit dans ce cas à des dispositifs optiques et à des manipulations photographiques particulièrement simples.

On peut, à l'aide de ces films, reproduire les couleurs des originaux sans recourir à aucun filtre sélecteur, et par suite travailler sur pellicule non panchromatique dans un laboratoire largement éclairé à la lumière jaune. On peut même envisager la reproduction de ces films sans aucune manipulation photographique, par développement gazeux de l'image produite sur le film à éléments microscopiques réfringents.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la structure des gelées. Organogels obtenus avec l'acétal benzoïque de la sorbite.* Note de M. **Pierre Thomas** et Mlle **Marie Sibi**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente (1), nous avons étudié l'hydrogel obtenu en traitant l'acétal benzoïque de la sorbite par l'eau bouillante dans des conditions convenables. L'acétal brut, tel qu'il résulte de la préparation ordinaire, se dissout en entier dans un grand nombre de solvants organiques (alcools, acétone, chloroforme, etc.) et donne ensuite des gels qui peuvent être soumis à une étude analogue.

Ces organogels sont plus ou moins opalescents; examinés au microscope polarisant, ils paraissent isotropes, comme l'hydrogel correspondant. Cependant, on y aperçoit souvent des particules anisotropes présentant les phénomènes d'extinction qui caractérisent un commencement de cristallisation (formation de sphérolithes). Lorsqu'on les agite, les organogels se brisent et laissent après un temps suffisant des flocons nageant dans le solvant, exactement comme le fait l'hydrogel, à condition cependant que la concentration ne soit pas trop élevée. Avec les gels obtenus au moyen

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 314.

d'alcool éthylique ou d'acétone, ces flocons se déposent d'abord dans la phase liquide, mais après quelque temps on constate qu'ils se sont gonflés pour donner de nouveau un gel surmonté par l'excès de liquide.

Nous avons indiqué déjà qu'il est possible de transformer l'hydrogel d'acétal de sorbite en longs cristaux recourbés et flexibles, en le recouvrant simplement avec divers solvants organiques. Rien d'analogue ne se produit avec les organogels, quelles que soient les conditions de l'expérience.

Nous avons particulièrement étudié l'alcoogel préparé avec l'alcool éthylique, au point de vue de la diffusion des couleurs. A celles précédemment employées, jaune de naphtol, benzopurpurine, fuchsine acide et ponceau de xylidine, nous avons joint l'azobleu, le bleu de nuit et le rouge Congo. Tous ces colorants, employés en solution alcoolique, ont diffusé avec la même vitesse pendant les 10 jours qu'a duré l'expérience. On doit noter que la benzopurpurine, qui ne diffusait pas dans l'hydrogel, pénètre ici avec la même vitesse que les autres couleurs; il en est de même du rouge Congo et du bleu de nuit, peu diffusibles en général dans les gelées aqueuses.

Traité par l'eau bouillante, l'acétal brut se sépare en deux fractions, ainsi que Meunier l'avait déjà signalé : une fraction qui se dissout en donnant l'hydrogel par refroidissement, et une fraction insoluble. L'acétal de la mannite se présente aussi sous deux formes, et il en serait de même pour celui de l'α-glucoheptose, d'après E. Fischer.

Ces deux parties se distinguent nettement par leurs solubilités différentes dans l'alcool et dans l'acétone. A froid, la solubilité dans l'alcool diffère peu, mais à l'ébullition on constate que la fraction soluble dans l'eau est environ deux fois plus soluble dans l'alcool que l'autre. Avec l'acétone, c'est l'inverse qui se produit. Il est donc probable qu'il s'agit de deux isomères de position, comme E. Fischer l'avait admis pour les deux fractions de l'α-glucoheptose.

Ainsi que nous l'avons signalé dans notre précédente Note, la fraction soluble dans l'eau bouillante donne avec les solvants organiques des gels transparents, par refroidissement des solutions faites à chaud. Au contraire, la fraction insoluble dans l'eau, traitée par l'alcool d'un titre de 80 à 90°, se dissout et donne par refroidissement des cristaux, sous forme de longues aiguilles rigides groupées en rosettes. Cette fraction cristallise également dans l'acétone étendue d'un peu d'eau.

On peut, à la vérité, en dissolvant ce produit dans l'alcool pur jusqu'à saturation à la température d'ébullition, obtenir par refroidissement une

sorte de prise en masse, mais cette masse est opaque, peu consistante, et ne constitue pas un gel véritable.

Il y a donc lieu d'attribuer la formation des organogels obtenus avec l'acétal de sorbite brut à la présence de l'isomère de position soluble dans l'eau bouillante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la pression sur la formation de l'onde explosive.* Note [1] de MM. **P. Dumanois** et **P. Laffitte**, présentée par M. H. le Chatelier.

L'objet des recherches rapportées dans la présente Note a été d'étudier l'établissement de l'onde explosive dans les mélanges gazeux détonants lorsqu'on fait varier la pression initiale.

Le mélange dont nous nous sommes servis est le mélange $H^2 + O$ qui, dès qu'il est comprimé un peu au-dessus de la pression atmosphérique, donne une flamme très photogénique. Nous avons déterminé la longueur parcourue par la flamme depuis l'inflammation du mélange détonant, jusqu'à la naissance de l'onde explosive, dans des tubes en verre de 22^{mm} de diamètre intérieur et de 1^m de longueur. L'allumage était provoqué à l'aide d'une étincelle électrique. Nous avons utilisé le dispositif d'enregistrement chrono-photographique déjà employé et décrit par l'un de nous [2]. L'étanchéité du tube de verre était assurée par des joints en caoutchouc ne le comprimant pas, mais serrés dans un tube métallique. Ce tube métallique comportait sur la plus grande partie de sa longueur une fente de 1^{cm} de hauteur permettant la photographie du phénomène lumineux se propageant dans le tube de verre.

Le tableau suivant résume nos expériences :

Pression initiale.	Longueur de combustion.
atm	cm
1	70
2	60
3	52
4	44
5	35
6	30
6,5	27

(1) Séance du 12 juillet 1926.

(2) *Annales de Physique*, 10e série, 4, 1925, p. 605.

On voit que pour les faibles pressions la longueur parcourue par la flamme avant l'établissement de l'onde explosive diminue assez rapidement lorsque la pression augmente; ensuite cette diminution de la longueur de combustion est plus faible.

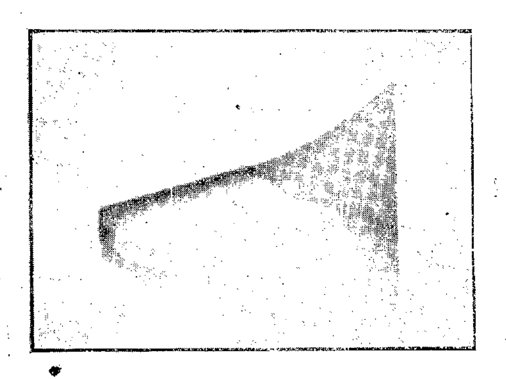


Fig. 1.



Fig. 2.

La figure 1 est la reproduction du négatif obtenu en photographiant l'explosion du mélange $H^2 + O$ sous 3 atmosphères de pression initiale. L'onde explosive s'est établie dans ce cas après un parcours de 52^{cm}. Les 8 premiers et les 4 derniers centimètres du tube de verre dans lequel se propage le phénomène n'ont pas été photographiés. Les interruptions de l'image ont été obtenues en plaçant tous les 25^{cm} sur le tube des anneaux métalliques permettant ensuite de mesurer les longueurs sur l'image photographique. La figure 2 est la reproduction d'une photographie obtenue dans les mêmes conditions, mais sous une pression initiale de 6 atmosphères; l'onde explosive s'est formée dans ce cas après un parcours de 30^{cm}.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'étude dilatométrique et thermique des verres composés de silice et de soude.* Note (¹) de M. **Michel-O. Samsoen**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les verres composés de silice et de soude s'obtiennent facilement par synthèse directe pour les teneurs en SiO^2 supérieures à 49 pour 100. Seuls ceux qui ont une teneur en SiO^2 supérieure à 66 pour 100 avaient fait

(¹) Séance du 12 juillet 1926.

l'objet d'une étude systématique dilatométrique de M. Grenet. Celui-ci avait conclu à une application satisfaisante de la loi d'additivité.

Nous avons repris l'étude complète de ces verres en nous servant du dilatomètre de Chevenard et en la poussant dans chaque cas jusqu'au ramollissement du verre. Nos mélanges ont été fondus et affinés dans des creusets de platine, nos éprouvettes fabriquées par coulage ou par étirage.

SiO^2 pour 100.	Coefficient de dilatation à 15°.	Température de la transformation.	Coefficient de dilatation enregistré après la transformation.	Composé.
49,2.....	$12,6 . 10^{-6}$	420°	$83 . 10^{-6}$	SiO^2, Na^2O
53.......	15,55 »	390	72 »	"
55.......	18,78 »	345	65 »	"
57.......	18,52 »	355	60 »	"
60.......	15,50 »	420	59 »	"
63.......	13,80 »	445	50 »	"
66,2.....	13,45 »	460	42 »	$2SiO^2Na^2O$
70.......	12,85 »	355	37 »	"
76.......	11,6 »	350	32 »	"
82,5.....	10,2 »	420	20 »	"
85,3.....	9,5 »	445	17 »	$6SiO^2, Na^2O$
92.......	7,7 »	540	11 »	$12SiO^2, Na^2O$

Ces chiffres montrent l'existence d'un maximum dans la valeur du coefficient de dilatation pour une composition SiO^2 56 pour 100, Na^2O 44 pour 100. Nos résultats, sensiblement d'accord avec ceux de M. Grenet, conduiraient pour la dernière partie de la courbe à une branche parabolique, si l'on veut les raccorder d'une façon continue au coefficient de dilatation de la silice vitreuse.

On observe un maximum de la température de transformation correspondant à la composition $2SiO^2, Na^2O$, encadré de deux minima. L'analogie est frappante avec le cas des alliages et des mélanges de sels admettant des eutectiques. On peut conclure que, dans le système SiO^2-Na^2O à l'état vitreux, il n'existe que les composés définis SiO^2, Na^2O et $2SiO^2, Na^2O$. Un premier minimum correspond au mélange de ces deux sels ayant une composition voisine de 56 pour 100 SiO^2, 44 pour 100 Na^2O. Un second minimum correspond à la dissolution de la silice dans $2SiO^2, Na^2O$ pour une composition voisine de 73 pour 100 SiO^2, 27 pour 100 Na^2O.

Nous avons remarqué que les verres correspondant à la branche de courbe allant de SiO^2, Na^2O au minimum $SiO^2, Na^2O - 2SiO^2, Na^2O$ étaient très facilement dévitrifiables, les autres considérablement moins.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mobilité des ions négatifs et courants d'ionisation dans l'argon pur.* Note [1] de MM. **Marcel Laporte** et **Mario A. da Silva**, présentée par M. Jean Perrin.

Franck et Hertz, dans des mesures déjà anciennes [2], ont signalé l'existence d'ions négatifs très mobiles ($K > 200$ cm : s) dans l'argon extrêmement pur.

Les expériences faites par l'un de nous [3] afin de déterminer les courbes de répartition des ions négatifs dans l'argon, ne contenant plus que 3 pour 1000 environ d'oxygène, ont confirmé l'existence d'ions très mobiles et montré en outre qu'il subsistait des ions de faibles mobilités, dont on pouvait espérer se débarrasser par une purification complète.

Le dispositif expérimental décrit [3] ne permet pas de mesurer des mobilités de l'ordre de 200 cm : s, mais on peut vérifier par une méthode indirecte l'existence d'ions de grandes mobilités et la disparition des ions peu mobiles lorsque l'argon est soigneusement purifié.

On sait que le courant d'ionisation entre plateaux parallèles croît avec le champ et tend vers une valeur de saturation, qui est atteinte lorsque la tension est suffisante pour rendre négligeable la recombinaison des ions des deux signes. La tension nécessaire pour réaliser la saturation dépend évidemment de la mobilité des ions, car, pour un même champ, des ions plus mobiles se séparent plus rapidement et le nombre des recombinaisons diminue.

On pourrait donc penser que, dans l'argon parfaitement pur, le courant de saturation serait obtenu pour une tension beaucoup plus faible que dans l'air. Cette prévision a été confirmée ainsi qu'il résulte des courbes suivantes. Sur la figure 1 sont indiqués les courants d'ionisation dans l'air (courbe I) et dans l'argon soigneusement purifié (courbe II) produits par une même source de polonium (recouverte d'une lame de mica de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur) entre deux plateaux parallèles distants de $3^{cm},5$, sous la pression atmosphérique. On voit que la saturation est obtenue dans l'argon sous 50 volts seulement, tandis qu'elle n'est pas encore atteinte dans l'air

---

(1) Séance du 19 juillet 1926.

(2) Franck et Hertz, *Verh. d. Deuts. Phys. Ges.*, **12**, 1910, p. 291-298.

(3) Marcel Laporte, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 620 et 781.

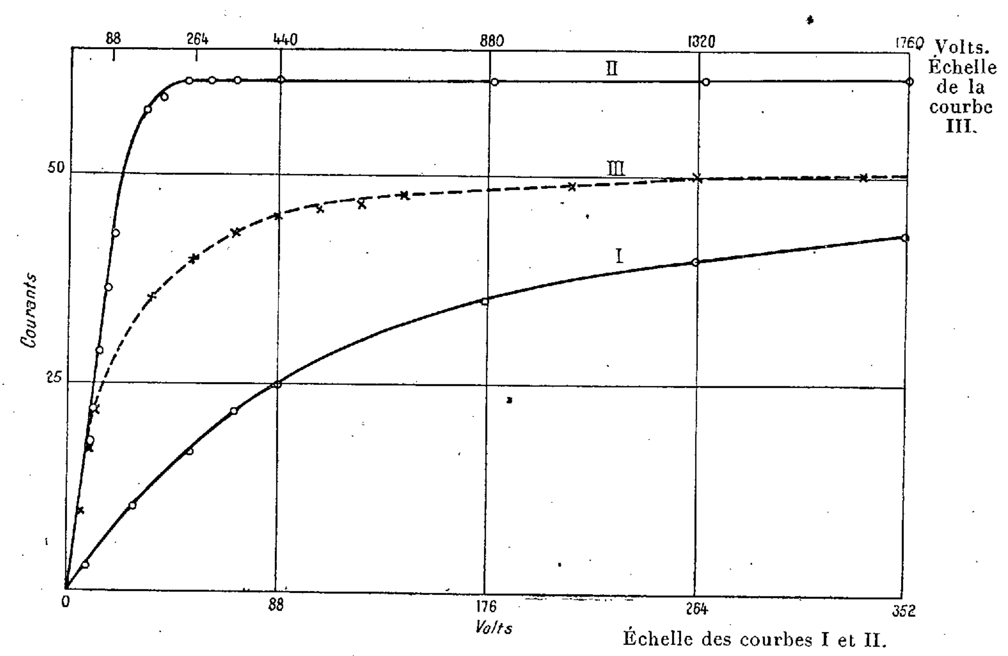

88
264
440
880
1320
1760
Volts.
Échelle
de la
courbe
III.
II
III
I
50
25
Courants
0
88
176
264
352
Volts
Échelle des courbes I et II.

Fig. 1.

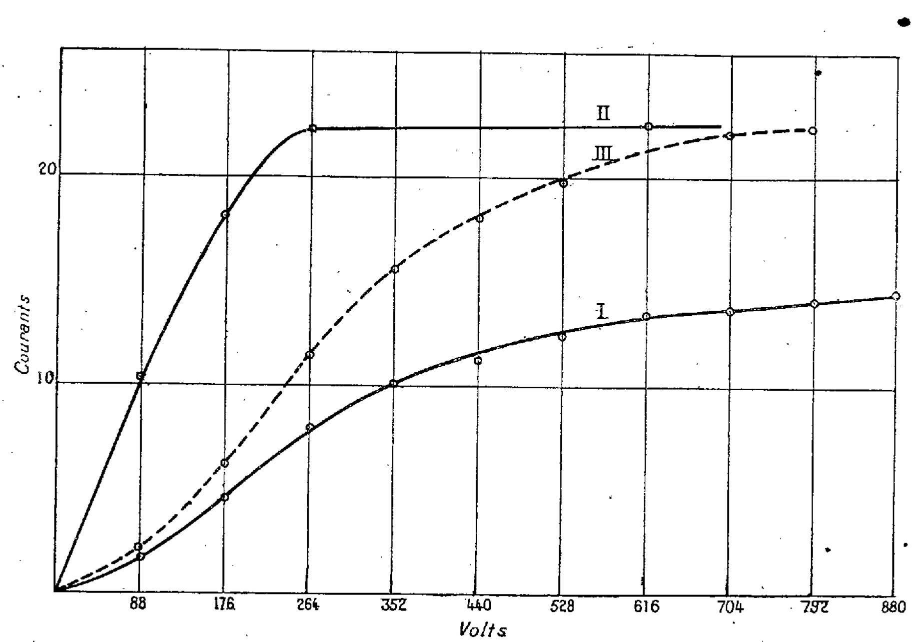

II
III
I
20
10
Courants
88
176
264
352
440
528
616
704
792
880
Volts

Fig. 2.

pour 1760 volts ainsi qu'il ressort de la courbe III tracée à une échelle plus petite pour les tensions.

La figure 2 indique l'effet des impuretés sur la déformation de la courbe d'ionisation. La courbe I est relative à l'air, la courbe II a l'argon moins bien purifié que dans les expériences précédentes, la saturation n'est obtenue que pour 264 volts; la courbe III est relative à l'argon 24 heures après le remplissage de la chambre d'ionisation dont l'étanchéité n'était pas encore parfaite.

Comme application de ces résultats on peut songer à utiliser des chambres d'ionisation à argon très pur, pour la mesure des courants d'ionisation intenses, dont la saturation pourra s'obtenir commodément sous de faibles tensions.

Il est probable que l'existence des grandes mobilités des ions négatifs dans l'argon est due à ce que les électrons sont repoussés par l'anneau électronique extérieur complet; ces faits sont certainement en connexion avec le manque d'affinités chimiques des gaz rares, et les particularités de la décharge électrique dans ces gaz.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'acide bromhydrique et des bromures alcalins, en milieu acétique, sur le bromure cuivrique. Nouvelle réaction du cupricum.* Note de M. **Georges Denigès**, présentée par M. Charles Moureu.

I. En isolant, à l'état cristallisé, le bromhydrate de bromure cuivrique : $Br^2CuBrH + 2H^2O$, le Professeur Sabatier a démontré (¹) péremptoirement que la coloration, variant du rouge pourpre au lilas suivant les doses de Cu, présentée par les solutions bromhydriques de Br^2Cu, était due à l'existence de ce sel complexe, dans ces solutions.

Je me suis demandé si des combinaisons du même ordre, du type Br^2CuAH par conséquent, ne pouvaient pas se former en présence de certains acides organiques et fournir des caractères analytiques du cupricum de sensibilité et de spécificité comparables à ceux que présente la réaction, dite bromhydrique, de cet ion.

A ce point de vue, les résultats fournis par l'acide acétique ont été particulièrement féconds et intéressants.

II. Lorsqu'on verse dans de l'acide acétique (4^{cm^3} environ) une goutte

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 11, 1894, p. 676.

d'une solution de Br^2Cu (à $2^g,50$ pour 100 de métal, par exemple), on obtient une coloration jaune verdâtre qui passe au vert intense par addition d'une seule goutte de BrH concentré (10 mol-gramme par litre).

Cette teinte, qui disparaît complètement lorsque, au mélange, on ajoute son volume d'eau, s'accompagne d'un spectre présentant, dans le rouge, une bande d'absorption des plus nettes dont le milieu correspond au $\lambda = 636^{\mu\mu}$. Un petit spectroscope, à vision directe, permet de l'observer avec la plus grande facilité, surtout à la lumière artificielle.

Si dans le mélange, ainsi devenu vert, on continue à ajouter, par gouttes, BrH concentré, on constate qu'il brunit puis passe, progressivement, au violet. Si on le porte à l'ébullition, il redevient vert intense mais jusqu'à une certaine limite au delà de laquelle il reste violet, à chaud et à froid.

La dose la plus favorable de BrH (10 fois normal) à employer pour obtenir des teintes indéfiniment réversibles, l'une franchement *verte* à l'ébullition, l'autre franchement *violette* à froid, est du dixième de l'acide acétique mis en œuvre. Au delà de cette dose, il se produit, même à chaud, un mélange des deux couleurs. A partir de 50 pour 100 de BrH, la teinte violette seule persiste, même à l'ébullition.

L'acide propionique se comporte comme l'acide acétique vis-à-vis de Br^2Cu.

III. Les bromures alcalins, à des degrés divers, sont solubles dans l'acide acétique. Vers 20°, un litre de cet acide dissout $3^g,50$ de BrK, 5^g de $BrNH^4$, $10^g,50$ de BrNa et près de 500^g de BrLi.

La solution à 45 pour 100 de ce dernier est jaune orangé et présente une large bande d'absorption, dans le vert bleu dont le centre coïncide, sensiblement, avec la raie F. Additionnée d'une goutte de solution non seulement de Br^2Cu, mais d'un sel cuivrique quelconque, elle prend une teinte rouge violet intense qui se constate encore en descendant jusqu'à 200^g de BrLi par litre, mais tend alors à verdir à l'ébullition. Au-dessous de 50^g de sel par litre, elle est franchement verte à froid, et son spectre se confond avec celui que donne Br^2Cu en milieu acétique faiblement acidulé par BrH.

Les solutions acétiques, même saturées, des autres bromures alcalins, bien moins riches en sel, ne sont que d'un jaune beaucoup plus clair et fournissent, directement, la coloration verte, à froid, avec les sels cuivriques.

Leur teinte jaune, pas plus que celle bien plus accentuée des solutions concentrées de BrLi, n'est pas due à du brome libéré, car elle résiste à l'addition de SO^2, disparaît par addition d'eau et a un spectre d'absorption spécial.

Tout s'interprète aisément si l'on admet qu'en milieu acétique les bromures alcalins contractent des combinaisons du type $BrMC^2H^3O^2.H$, de coloration jaune et très aisément dissociables par l'eau. En présence de Br^2Cu, ces combinaisons donneraient par substitution le composé $Br^2CuC^2H^3O^2.H$, vert, lorsque la teneur en bromures alcalins n'est pas trop considérable et, ensuite, Br^2CuBrM violet, comparable à Br^2CuBrH, quand ces bromures sont prépondérants (cas de BrLi).

Avec l'acide acétique et Br^2Cu, en présence de doses croissantes de BrH, il en est de même et il se formerait successivement $Br^2CuC^2H^3O^2.H$, vert, puis $Br^2CuBr.H$, violet. A chaud la combinaison verte est plus stable que la violette, d'où réversibilité possible quand les doses de BrH ou de BrM du milieu ne sont pas trop considérables.

IV. *Applications analytiques.* — Il nous sera facile, en utilisant les données précédentes, de constituer des formules de réactifs, très sensibles et spectroscopiquement très spécifiques, non seulement de Br^2Cu, mais du cupricum ajouté, sous une forme quelconque, au réactif, à la condition que celui-ci renferme suffisamment de BrH ou de BrM pour faire double décomposition avec le sel de Cu'' ajouté. Voici les principales de celles auxquelles je me suis arrêté :

1° Mélanger à de l'acide acétique pur, le centième de son volume d'une solution de BrH, environ 10N. Ce mélange, très stable, employé en proportion de quelques centimètres cubes pour 1 goutte de solution cuivrique ou pour quelques parcelles d'oxyde, de carbonate, etc. de Cu'', donne une coloration verte, à froid et à chaud, avec bande d'absorption dans le rouge très facile à repérer.

2° En décuplant la dose de BrH ($\frac{1}{10}$ du volume de l'acide acétique), la coloration est violette à froid et verte à chaud avec réversibilité indéfinie.

3° *Réactif extemporané.* — A 4^{cm^3} d'acide acétique pur, ajouter 1 goutte d'une solution aqueuse à 50 pour 100 de BrK. Le réactif ainsi constitué, additionné d'un sel cuivrique quelconque (par exemple de 1 ou 2 gouttes de SO^4Cu, à 1 pour 100 de métal), donne une forte coloration verte et le spectre caractéristique. Si l'on continue à ajouter, par gouttes, la solution bromurée, on constate que cette teinte devient, peu à peu sépia, puis rouge violet pour $0^{cm^3},4$ (8 gouttes).

En portant à l'ébullition on revient au vert, puis au violet par refroidissement, et ainsi de suite.

Cette réaction est aussi sensible que la réaction bromhydrique proprement dite avec laquelle elle se conjugue avantageusement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution des solutions d'acide molybdique.* Note de MM. **A. Travers** et **Malaprade**, présentée par M. Matignon.

Rosenheim [1] a le premier indiqué la préparation d'un hydrate de MoO^3, assez soluble dans l'eau : $MoO^3.2H^2O$. L'hydrate blanc, $MoO^3.H^2O$, obtenu facilement à partir du précédent, a une solubilité moindre. Nous avons réussi à obtenir des solutions dans l'eau de MoO^3 *anhydre*, et même sublimé. Il suffit de *chauffer à* 100° pendant plusieurs jours, par exemple dans une bouteille à pression, de l'anhydride cristallisé avec de l'eau : la solution obtenue renferme seulement 1^g,5 à 1^g,9 de MoO^3, suivant la durée de l'expérience; *par évaporation à sec, elle redonne* MoO^3 *cristallisé*.

On peut se demander quel est l'état de l'acide molybdique dans ces diverses solutions.

1. Il ne semble pas que les solutions faites à froid de $MoO^3.2H^2O$ et de $MoO^3.H^2O$ soient *absolument identiques* à la solution de MoO^3 anhydre, faite à 100° et refroidie.

En effet : *a*. Les deux premières sont incolores, la solution de MoO^3 cristallisé, obtenue à 100° et refroidie, est jaune pâle.

b. Les deux premières ont vis-à-vis du ferrocyanure de potassium un pouvoir oxydant nul à froid : il se forme seulement le composé brun, produit d'addition entre l'acide molybdique et l'acide ferrocyanhydrique.

La solution jaune de MoO^3 anhydre est au contraire nettement oxydante; le ferrocyanure est oxydé *à froid* en ferricyanure [2].

Il est à remarquer que la solution de $MoO^3.2H^2O$, chauffée elle-même à 100°, donne un abondant précipité blanc, et que la liqueur surnageante est colorée aussi en jaune pâle, sa teneur en MoO^3 est de l'ordre de 1^g,9 au litre.

On pouvait espérer différencier les deux solutions par des mesures de P_H. L'expérience donne des résultats du même ordre.

La cryoscopie dans l'eau donne des abaissements très faibles, même dans le cas des solutions les plus concentrées qu'on puisse obtenir [25^g environ de MoO^3 par litre, obtenus par dissolution du dihydrate dans l'eau à 75° [3]].

---

(1) *Zeit. für anorg. Chem.*, **34**, 1903, p. 429.

(2) Pour faire correctement la réaction comparée avec le ferrocyanure, on utilisera dans les deux cas des solutions très diluées, renfermant 1^g,5 à 1^g,9 de MoO^3 par litre.

(3) L'abaissement cryoscopique est de l'ordre de 0°,07.

Nous pensons que les différences signalées (différences de coloration et de réaction sur le ferrocyanure) sont l'indice de deux états de *polymérisation* différents.

Les diverses solutions présentent toutes un caractère *acide moyennement fort :* on trouvera dans une autre publication des mesures de C_H. On peut se demander si l'ionisation se fait par échelons, et quelle est la nature de l'anion.

2. Nous pensons pouvoir affirmer que l'acide molybdique dissous est ionisé suivant le schéma :

$$4MoO^3.H^2O \rightleftharpoons [4MoO^3.\underset{-\ -}{O}] + 2\underset{+}{H},$$

c'est-à-dire que la solution renferme un anion complexe, l'anion tétramolybdique.

La courbe de neutralisation, déterminée potentiométriquement, met en évidence deux inflexions :

La première au quart de la neutralisation totale : $4MoO^3.K^2O$;

La deuxième à la neutralisation totale : $MoO^3.K^2O$.

Le premier virage ne correspond pas comme dans le cas des acides phosphorique, arsénique à la neutralisation d'une première fonction acide plus forte, mais à la neutralisation complète d'un acide condensé $4MoO^3.H^2O$.

En effet, le tétramolybdate formé a des réactions différentes du molybdate neutre : il donne avec le ferrocyanure de potassium une coloration brune, alors que le molybdate neutre ne donne rien; sa réaction sur le malate neutre de Na conduit à des résultats aussi différents. Ces deux sels ne dérivent pas du même anion.

La suite de la neutralisation, après la formation de $4MoO^3.K^2O$, correspond en réalité à *une décomposition de ce sel* par l'alcali, comme dans le cas de la réaction de la potasse sur SiF^6K^2, BF^4K, etc.

L'analogie avec l'acide métatungstique est évidente : celui-ci a des réactions différentes des tungstates neutres TuO^4Na^2; il dérive d'un anion différent $[4TuO^3.\underset{-\ -}{O}]$; la courbe de neutralisation présente aussi une inflexion au quart de la neutralisation totale (formation de $4TuO^3.K^2O$), mais tandis que la *décomposition* du tétramolybdate par un excès d'alcali est complète *à froid*, celle du métatungstate ne l'est qu'à l'ébullition (comme pour SiF^6K^2).

Nous avons d'ailleurs préparé un certain nombre de tétramolybdates, dont quelques-uns anhydres.

Un Mémoire sur ce sujet sera publié incessamment dans un autre Recueil.

Les solutions d'acide molybdique renferment donc un acide condensé, l'acide tétramolybdique $4MoO^3.H^2O$, qu'on pourrait appeler l'acide métamolybdique, par analogie avec l'acide métatungstique.

Il est vraisemblable qu'à côté des molécules simples $4MoO^3.H^2O$, partiellement ionisées, il y a des molécules polymères, $[4Mo.O^3.H^2O]^n$. Les acides phospho, boro, silicomolybdiques s'expliquent très simplement à partir de cette constitution. Ce sont des complexes obtenus par addition de 1^mol^ de PO^4H^3, de BO^3H^3, etc. avec 3^mol^ de l'acide tétramolybdique, par exemple

$$PO^4H^3.3[4MoO^3.H^2O]$$

ou

$$PO^4H^3.[4MoO^3.H^2O]^3$$

où les rapports des corps combinés sont extrêmement simples.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'aldéhyde benzoïque sur des cyclanones contenant les groupes* — $CH(CH^3)-CO-CHR-$ *ou* $CHR-CO-CH^2-$. Note [1] de MM. **R. Cornubert** et **Ch. Borrel**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'un de nous a montré dans de précédentes Notes publiées en collaboration avec M. A. Haller [2] que l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone, l'$\alpha\alpha'$-méthyl-éthylcyclohexanone, l'$\alpha\alpha'$-méthyl-*n*-propylcyclohexanone, l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclopentanone, cétones de la forme $-CHR-CO-CHR'-$, l'α-méthylcyclohexanone, qui renferme $-CH(CH^3)-CO-CH^2-$, se combinent à l'aldéhyde benzoïque sous l'influence de l'acide chlorhydrique, en donnant des combinaisons auxquelles a été accordée, au moins jusqu'à nouvel ordre, une structure tétrahydropyronique.

Il était naturel de chercher le degré de généralité de cette réaction et de voir quel bénéfice on peut en obtenir pour des déterminations de constitution de cétones terpéniques. A cet effet nous avons examiné l'action de l'aldéhyde benzoïque sur diverses cétones contenant les groupements

$$-CH(CH^3)-CO-CHR- \quad \text{ou} \quad -CH^2-CO-CHR-$$
$$(\text{ou} \quad -CH^2-CO-CH=)$$

---

(1) Séance du 19 juillet 1926.

(2) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 315; 180, 1925, p. 1988; 181, 1925, p. 81.

en utilisant toujours l'acide chlorhydrique comme agent de condensation (1).

I. *αα'-Dialcoylcyclanones.* — Trois cétones ont été étudiées. L'*αα'-méthylisopropylcyclopentanone* [groupe — CH (CH^3) — CO — CH (C^3H^7) —] ne nous a pas donné de combinaison tétrahydropyronique; elle n'a engendré que des produits peu visqueux. L'*αα'-méthylbenzylcyclohexanone*

[groupe — CH (CH^3) — CO — CH ($CH^2C^6H^5$) —]

a fourni une combinaison tétrahydropyronique de formule $C^{28}H^{28}O^2$ fondant à 191°, soit 196° (corr.). L'*αα'-dibenzylcyclohexanone* (F. 122)

[groupe — CH (C^7H^7) — CO — CH (C^7H^7) —],

mise à réagir au sein de l'éther, ne s'est pas combinée à l'aldéhyde benzoïque. Nous n'avons pas encore eu l'occasion d'étudier des cyclénones du type > CH — CO — CH <, mais Wallach (2) signale que la *carvénone*, qui contient le groupe

— C (C^3H^7) = CH — CO — CH (CH^3) —,

fournit un corps du type pyronique $C^{24}H^{26}O^2$ fondant à 170-171°.

II. *α-Monoalcoylcyclanones.* — Nous avons examiné le comportement de trois nouvelles cétones. La *menthone* [groupe — CH^2 — CO — CH (C^3H^7) —], comme il fallait s'y attendre après les travaux de Wallach (3) et de Martine (4), n'a pas engendré de combinaison tétrahydropyronique (5). L'*α-méthylcyclopentanone*

[groupe CH^2 — CO — CH (CH^3) —]

nous a donné une combinaison tétrahydropyronique de formule $C^{20}H^{20}O^2$ que nous avons reconnu exister sous deux formes fondant respectivement à 105° et 125°, la première étant instable et se transformant spontanément en la seconde. La *thuyone* [groupe > C (C^3H^7) — CH^2 — CO — CH (CH^3) —] a fourni une combinaison tétrahydropyronique de formule $C^{24}H^{26}O^2$ également observée sous deux formes fondant respectivement à 115° et 147°, la première se transformant spontanément en la seconde. De plus Wallach a indiqué que la tétrahydrocarvone (6)

[groupe — CH (C^3H^7) — CH^2 — CO — CH (CH^3) —]

donne une combinaison tétrahydropyronique $C^{24}H^{28}O^2$ fondant à 175°.

III. *3-Méthyl-5-alcoyl-$\Delta_{2.3}$-cyclohexenones-1.* — (Groupe — CH^2 — CO — CH =).

---

(1) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 700 et 973.

(2) *Liebigs Annalen*, 305, 1899, p. 270.

(3) *Berichte*, 29, 1896, p. 1599; *Liebigs Annalen*, 305, 1899, p. 261.

(4) *Ann. de Phys. et de Chimie*, 8e série, 3, 1904, p. 49.

(5) Hughesden, Smith et Read n'en signalent pas non plus pour l'isomenthone (*Chem. Soc.*, 123, 1923, p. 2916).

(6) *Liebigs Annalen*, 305, 1899, p. 266.

Nous avons enfin étudié l'action de l'aldéhyde benzoïque sur trois cyclohexénones de ce type et de groupe 5-alcoyle respectifs : 5-méthyl, 5-diméthyl (isoacétophorone), 5-isopropyle. Toutes trois ne nous ont fourni que les combinaisons benzylidéniques fondant respectivement à 99-100° (1), 78-78°,5 et 91-92°, à côté de corps visqueux de point d'ébullition plus élevé.

Conclusions. — Dans l'état actuel de ces recherches, actuellement poursuivies d'ailleurs, on peut faire les remarques suivantes : 1° Toutes les cétones des types étudiés ne donnent pas de combinaison tétrahydropyronique, mais celles décrites dans la présente Note jouissent des propriétés précédemment indiquées : faible solubilité dans l'alcool froid, grande solubilité dans le benzène froid, passage à l'état vitreux par fusion et refroidissement. 2° Bien que le nombre des cétones isopropylées étudiées, soit par nous-mêmes soit par Wallach à ce point de vue, ne soit que de cinq, on ne peut pas ne pas noter que seules les cétones β-isopropylées (carvénone, thuyone, tétrahydrocarvone) ont donné une combinaison tétrahydropyronique tandis que les cétones α-isopropylées (menthone, α-méthyl-α'-isopropylcyclopentanone) ne nous en ont pas fourni. 3° La formation d'une combinaison tétrahydropyronique dans l'action de l'aldéhyde benzoïque sur une *cyclanone* conduit à y faire admettre l'existence des groupes — $CH(CH^3)$ — CO — CHR — ou $CH(CH^3)$ — CO — CH^2 —. La différenciation de ces deux groupes se réalise par la préparation d'une combinaison benzylidénique que fournissent seuls les corps contenant le groupe — $CH(CH^3)$ — CO — CH^2 — ; toutefois il ne semble pas que cette différenciation soit rigoureusement générale car Wallach ne décrit pas de combinaison benzylidénique dérivant de la tétrahydrocarvone. 4° Pour ce qui est des *cyclénones*, le cas de l'eucarvone (2)

[groupe = $C(CH^3)$ — CO — CH^2 —],

montre qu'il faut être encore plus circonspect.

---

(1) Déjà isolée par GARELLI, *Gazz. chim. ital.*, 23, 1893, p. 567, et par KNOEVENAGEL, (*Lieb. Ann.*, 281, 1894, p. 104).

(2) WALLACH, *Berichte*, 29, 1896, p. 1600; *Lieb. Ann.*, 305, 1899, p. 242.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dimagnésiens au noyau benzénique.* Note de MM. **G. Bruhat** et **V. Thomas**, présentée par M. Charles Moureu.

L'un de nous [1] a montré que le paradiiodobenzène fournissait un dérivé dimagnésien et que les isomères en *ortho* et en *méta* étaient susceptibles de dissoudre plus de magnésium que ne permet de le prévoir la formation exclusive d'un dérivé monomagnésien.

Nous avons reconnu depuis que les *m* et *o*-diiodobenzènes étaient susceptibles de donner naissance à des dérivés dimagnésiens.

Préparation générale des dimagnésiens. — Les dimagnésiens dérivés des diiodobenzènes se forment dans l'action du magnésium sur les dérivés diiodés en solution éthérée ou éthérobenzéniques. La réaction s'amorce spontanément ou par simple chauffage avec les dérivés *ortho* et *méta*, par addition d'un fragment d'iode avec le *p*-diiodobenzène. Elle est en général assez vive et fournit une quantité toujours notable de matières résineuses.

Propriétés générales. — 1° *Les dimagnésiens réagissent sur l'eau avec formation de benzine;* 2° *Les dimagnésiens sont susceptibles de fixer le gaz carbonique en donnant des complexes dédoublables à la façon habituelle avec formation d'acide.*

La fixation du gaz carbonique se fait dans la série *méta* et dans la série *para* sur les deux groupes magnésiens. Le complexe conduit par suite par décomposition aqueuse aux acides isophtalique et téréphtalique. On peut ainsi réaliser la synthèse de l'acide téréphtalique avec un rendement de plus de 50 pour 100 (rapporté au poids de $C^6H^4I^2$ mis en œuvre) et celle de l'acide isophtalique avec un rendement d'environ 15 pour 100.

Par contre, nous n'avons réussi qu'à fixer un seul groupe CO^2 sur le dimagnésien en ortho. Le complexe traité par l'eau fournit de l'acide benzoïque.

3° *Les dimagnésiens se condensent avec les nitriles en donnant des complexes dédoublables par l'eau avec formation de cétone.*

Nous avons étudié la condensation avec le benzonitrile. Dans tous les cas, les deux groupes magnésiens entrent en jeu.

---

(1) V. Thomas, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 218. Depuis la publication de cette Note, nous avons eu connaissance d'un travail de MM. Votocek et J. Köhler publié en 1914, au cours duquel ces chimistes ont mis en évidence la formation du dimagnésien du *p*-diiodobenzène, dimagnésien qui a été caractérisé par ses produits de dédoublement au contact de l'eau.

Composé ortho. — Nous avons isolé la dicétone prévue, l'orthodibenzoylbenzène (P. F. 148°), et aussi une petite quantité de benzophénone.

Composé méta. — On obtient l'isophtalophénone $C^6H^4\begin{smallmatrix}\diagup CO.C^6H^5\ (1)\\ \diagdown CO.C^6H^5\ (3)\end{smallmatrix}$ avec un rendement d'environ 20 pour 100 (rapporté au poids de $C^6H^4I^2$ mis en œuvre), ce qui correspond à 29 pour 100 par rapport au poids du dimagnésien formé (P. F. 98°).

Composé para. — Le produit de décomposition à l'eau du complexe magnésien fournit une matière en partie insoluble dans l'éther de pétrole. La partie insoluble fusible vers 160°, n'a pu être identifiée. De la solution, on isole de la téréphtalophénone. [Théorie : C = 83,9; H = 4,89. Trouvé : C = 83,9; H = 5,05]. Sa transformation en dioxime suivant les indications de Münchmeyer [1] nous a donné un produit fondant à 256-258°, alors que cet auteur indique 235 pour point de fusion. Il est hors de doute que la divergence des points de fusion provient des conditions opératoires différentes, la dioxime se décomposant dès 233° par chauffage au tube capillaire.

4° *Les dimagnésiens se condensent avec les aldéhydes en donnant des complexes décomposables par l'eau avec formation de glycols.* Malheureusement la formation de résines rend difficile l'isolement des produits.

Composé para. — Nous avons pu isoler le glycol $C^6H^4\begin{smallmatrix}\diagup CH(OH)-C^6H^5\\ \diagdown CH(O-H)C^6H^5\end{smallmatrix}$ (P. F. 171°,5). Les produits de réaction renferment des matières résineuses qui, extraites à l'éther de pétrole, laissent un résidu jaune citron fondant vers 228°, assez soluble dans la benzine, peu soluble dans l'alcool et paraissant analogue à la résine formée lors de la préparation de l'organomagnésien.

5° *Les dimagnésiens se condensent avec les cétones et les complexes formés sont susceptibles par traitement à l'eau d'engendrer des glycols bitertiaires.*

Les essais de condensation ont été effectués avec la benzophénone.

Composé ortho. — On obtient facilement le glycol $C^6H^4\begin{smallmatrix}\diagup C(OH)=(C^6H^5)^2\\ \diagdown C(OH)=(C^6H^5)^2\end{smallmatrix}$ (P. F. 198°). Rendement par rapport à $C^6H^4I^2$ mis en œuvre, 13 pour 100.

Composé para. — On obtient très normalement le glycol prévu, cristallisant en belles aiguilles incolores, souvent groupées en étoile (P. F. 167°,5). Ullmann et Schlœpfer [2] ont donné comme point de fusion 169°. Même rendement que pour l'isomère ortho.

Les essais effectués avec le métadiiodobenzène nous ont conduits à un produit difficile à purifier, fondant vers 213°, tout différent du métatétraphénylxylèneglycol décrit par Stark et Gärben [3], fondant à 112-113°.

---

(1) MÜNCHMEYER, *Ber. d. Chem. Ges.*, **19**, 1886, p. 1847.

(2) ULLMANN et SCHLŒPFER, *Ibid.*, **37**, 1904, p. 2003.

(3) STARK et GÄRBEN, *Ibid.*, **46**, 1913, p. 659.

Conclusions. — En réagissant sur CO^2, les nitriles, les cétones et les aldéhydes, les dimagnésiens au noyau benzénique réagissent en général comme le font les magnésiens ordinaires, la condensation s'effectuant sur les deux groupes magnésiens. Cependant le dimagnésien en *ortho* ne paraît fixer qu'une seule molécule de CO^2, en donnant un complexe dédoublable par l'eau avec production d'acide benzoïque. De plus, la formation de benzophénone dans le traitement à l'eau du complexe provenant de la condensation du dimagnésien en ortho avec le benzonitrile semble indiquer que dans la série *ortho* la condensation sur les deux groupes magnésiens est moins facile que dans les séries *méta* et *para*.

En général, les rendements sont faibles, meilleurs avec les cétones et les nitriles qu'avec les aldéhydes. Si l'on envisage une même fonction, la condensation donne les meilleurs résultats avec la série para; la série méta semble être celle possédant la plus grande tendance à la résinification.

La méthode aux dimagnésiens permet donc l'introduction dans le noyau benzénique de deux groupements identiques et par suite la synthèse des diacides, de cétones et de glycols bisecondaires et bitertiaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique des doubles liaisons conjuguées.* Note de MM. **G. Vavon** et **Jakeš**, présentée par M. Ch. Moureu.

Un système de doubles liaisons conjuguées apporte à la molécule organique un certain nombre de propriétés parmi lesquelles nous retiendrons les 2 suivantes : 1° les corps à doubles liaisons conjuguées fixent 2 atomes d'hydrogène en 1.4 en donnant un corps monoéthylénique à double liaison en 2.3; 2° ils sont plus faciles à hydrogéner que leurs isomères à doubles liaisons séparées, ou que les corps monoéthyléniques.

Ces résultats sont classiques. Ils ont été établis sur de nombreux exemples.

Toutefois, *toutes ces hydrogénations ont été faites à l'aide de l'hydrogène naissant :* sodium et alcool, amalgame de sodium ou d'aluminium et eau, zinc et acide acétique etc. Nous nous sommes demandé si les résultats ainsi obtenus étaient encore valables dans le cas de l'hydrogénation catalytique.

Une expérience ancienne de l'un de nous [1] semblait indiquer le con-

---

[1] G. Vavon, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 68.

traire : la carvone, par hydrogénation au noir de platine, donne successivement la carvotanacétone, la tétrahydrocarvone, le carvomenthol. Le système de doubles liaisons conjuguées est donc ici *plus difficile à hydrogéner* par le noir de platine que la double liaison isolée du chaînon extérieur

Au contraire, par le zinc et l'acide acétique ou par le sodium et l'alcool, le système de doubles liaisons conjuguées s'hydrogène seul en donnant la dihydrocarvone dans le premier cas et le dihydrocarvéol dans le second cas (1).

Afin d'apporter des faits nouveaux sur cette question, nous avons comparé, au point de vue de la facilité d'hydrogénation les 3 groupes de corps suivants :

I. Styrolène, acide cinnamique, benzalacétone.

II. Cyclohexène, acide tétrahydrobenzoïque Δ_1.

III. Acides allylacétique, propénylacétique et diméthylacrylique.

Les corps de chaque groupe ont été choisis aussi semblables que possible, au système conjugué près : dans les deux premiers groupes, ils ont une partie commune, dans le troisième ils sont isomères.

Méthode de comparaison. — Nous nous sommes adressés à la « méthode de partage » déjà employée par l'un de nous : on mélange les deux substances à comparer molécule à molécule et sur le mélange on fixe une seule molécule d'hydrogène; le corps le plus facile à hydrogéner est celui qui a fixé le plus d'hydrogène.

Résultats : *Groupe I.* — En fixant une seule molécule d'hydrogène sur le mélange d'une molécule de styrolène et d'une molécule d'acide cinnamique, on retrouve l'acide cinnamique inaltéré. Le styrolène s'hydrogène donc le premier.

Il en est de même pour le couple styrolène-benzalacétone.

D'ailleurs la comparaison de chacun de ces corps à l'α-pinène conduit à la même conclusion.

Le styrolène (2), *qui n'a pas de doubles liaisons conjuguées, s'hydrogène plus facilement, par le noir de platine, que l'acide cinnamique et la benzalacétone, qui présentent un système de doubles liaisons conjuguées.*

Groupe II. — Quand on fixe une molécule d'hydrogène sur le mélange

(1) Wallach, *Liebigs Annalen*, 279, 1894, p. 377.

(2) Le cyclohexène s'hydrogène également avant l'acide cinnamique et la benzalacétone.

d'une molécule de cyclohexène et d'une molécule d'acide tétrahydrobenzoïque Δ_1, on constate après séparation par la soude des carbures et des acides que la partie carbure ne décolore plus le brome.

Le cyclohexène, qui n'a qu'une double liaison, s'hydrogène donc, par le platine, avant l'acide tétrahydrobenzoïque Δ_1 qui possède un système de doubles liaisons conjuguées.

Groupe III. — Les trois acides de ce groupe ont été comparés séparément à l'α-pinène; en opérant comme plus haut, les acides allyl- et propénylacétiques ont fixé 80 pour 100 de l'hydrogène total, l'acide diméthylacrylique 37 pour 100.

Des deux acides à doubles liaisons conjuguées, l'un s'hydrogène aussi facilement, et l'autre beaucoup plus difficilement que l'acide allylacétique dont les deux doubles liaisons sont indépendantes.

Ici encore le système conjugué ne semble jouer qu'un rôle secondaire dans l'hydrogénation catalytique de la molécule.

Essais de fixation de l'hydrogène en 1.4. — Nous avons essayé en vain de fixer par catalyse 2H en 1.4 sur l'acide dihydrotéréphtalique $\Delta_{4.3}$ sur l'acide cinnamalphénylacétique, sur le cinnamalcamphre.

En arrêtant l'expérience après fixation de 2H, on trouve un mélange du corps primitif et du tétrahydrure. Paal (1) avait déjà obtenu de semblables résultats dans le cas de la cinnamalacétone, l'acide cinnamalmalonique, l'acide pipérique et la pipérine.

Conclusions. — En ce qui concerne la méthode catalytique, la présence d'un système de doubles liaisons conjuguées n'entraîne pas, pour la molécule, une facilité d'hydrogénation particulière et ne permet pas l'hydrogénation partielle en 1.4.

Il y a donc opposition nette, à ce point de vue, entre la méthode catalytique et les méthodes à hydrogène naissant.

On peut donner une interprétation de ces résultats en admettant que l'hydrogène agit sous forme d'*atome libre* à l'état naissant et de *molécule* dans la catalyse. Cette interprétation sera développée ailleurs.

---

(1) Paal, *Berichte*, 45, 1912, p. 2221.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode de préparation d'amines tertiaires dérivées d'alcools tertiaires.* Note (¹) de M. **Marcel Sommelet**, présentée par M. A. Béhal.

Au cours de recherches que je poursuis depuis quelque temps sur les amines du groupe de la benzhydrylamine et leurs dérivés, j'ai été conduit à préparer, en vue d'identification, une amine tertiaire dérivée du méthyldiphénylcarbinol, le diméthylamino-1-diphényl-1.1-éthane de formule

$$\begin{matrix}(C^6H^5)^2\\ CH^3\end{matrix}\!\!>C-N\!<\!\begin{matrix}CH^3\\ CH^3\end{matrix}.$$

Ce composé semblait devoir résulter facilement de l'action du diphényl-1.1-chloro-1-éthane $(C^6H^5)^2CClCH^3$ sur la diméthylamine; mais, les premiers essais effectués dans le but de réaliser cette transformation ayant été peu encourageants, j'ai préféré appliquer, pour le cas particulier qui m'intéressait, une réaction dont le principe a été indiqué par M. Busch (²). Ce savant avait observé que les combinaisons organomagnésiennes s'additionnent à la double liaison $C = N$ des imines des aldéhydes comme elles le font à la double liaison $C = O$ des aldéhydes elles-mêmes et que le produit de cette addition est décomposé par l'eau avec mise en liberté d'une amine dérivée d'un alcool secondaire :

$$R_1-CH=N-R_2 \xrightarrow{+R_3MgX} R_1(R_3)CH-N(MgX)R_2 \xrightarrow{+H^2O} R_1(R_3)CH-NH-R_2,$$

On pouvait prévoir qu'en faisant réagir CH^3MgI sur la méthylimine de la benzophénone $(C^6H^5)^2C=N-CH^3$, on arriverait à produire, suivant un processus analogue, l'amine secondaire $(C^6H^5)^2C(CH^3)-NH-CH^3$, dont la méthylation à l'azote conduirait au diméthylaminodiphényléthane cherché. Les faits n'ont pas confirmé cette prévision.

Lorsqu'on cherche à condenser la méthylimine de la benzophénone (³) avec CH^3MgI en solution éthérée, on observe, même si l'on emploie un grand excès de l'organométallique, que l'imine n'entre en réaction que pour une part et que le produit de cette transformation limitée n'est pas l'amine

(¹) Séance du 19 juillet 1926.

(²) *D. Chem. Ges.*, 37, 1904, p. 2691.

(³) Ce composé a été sommairement décrit par Reddelien (*D. Chem. Ges.*, 54, 1921, p. 3121).

secondaire attendue, mais l'amine tertiaire, le diméthylamino-1-diphényl-1.1-éthane que j'espérais obtenir par son intermédiaire.

La condensation proprement dite s'accompagne donc d'une méthylation à l'azote; ce fait ne peut s'expliquer qu'en admettant une intervention de CH^3I resté libre après préparation de l'organomagnésien et cette hypothèse s'appuie d'ailleurs sur la constatation que les rendements en amine tertiaire croissaient avec l'excès employé de CH^3MgI qui apportait avec lui de nouvelles quantités de CH^3I resté libre. On pouvait donc envisager une intervention secondaire du dérivé halogéné se traduisant par la transformation directe en amine tertiaire du complexe magnésien formé à partir de l'imine

$$(C^6H^5)^2C=N-CH^3 \xrightarrow{+CH^3MgI} (C^6H^5)^2C(CH^3)-N(MgI)(CH^3) \xrightarrow{+CH^3I} (C^6H^5)^2C(CH^3)-N(CH^3)^2.$$

L'amine tertiaire devait donc se former dans la proportion ou CH^3I était resté libre; mais comme elle semblait constituer, à côté de l'imine non entrée en réaction, l'ensemble du produit, on pouvait se demander si l'imine prenait réellement, comme telle, part à la transformation.

CH^3I resté libre pouvait aussi, en effet, intervenir non pas en second lieu, mais au début de la réaction en se combinant immédiatement à l'imine mise en œuvre pour la transformer en un iodométhylate qui fût devenu ainsi le véritable centre de la condensation :

$$(C^6H^5)^2C=N-CH^3 \xrightarrow{+CH^3I} (C^6H^5)^2C=N\begin{cases}CH^3\\CH^3\\I\end{cases}$$

$$\xrightarrow{+CH^3MgI} \begin{matrix}(C^6H^5)^2\\CH^3\end{matrix}\!\!>C-N\begin{cases}CH^3\\CH^3\\I\\MgI\end{cases} \rightarrow \begin{matrix}(C^6H^5)^2\\CH^3\end{matrix}\!\!>C-N<\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}.$$

L'expérience vérifie de tous points cette seconde hypothèse.

La méthylimine de la benzophénone se combine à CH^3I pour donner un iodométhylate solide, assez stable, qui réagit sur CH^3MgI, en solution éthérée en donnant directement naissance, avec un excellent rendement, au diméthylamino-1.1-diphényl-1.1-éthane distillant à 167-168° sous 17^{mm} et cristallisant de l'alcool en beaux prismes, f. 44-44°,5.

L'anhydride acétique bouillant le décompose en diphényléthylène dissymétrique et acétyldiméthylamine :

$$(C^6H^5)^2C(CH^3)-N(CH^3)^2+(CH^3.CO)^2O = (C^6H^5)^2C=CH^2+CH^3.CON(CH^3)^2+CH^3.CO^2H.$$

CH^3I provoque une scission du même genre, déjà à froid quand on le met en contact avec la base en solution chloroformique ou benzénique, plus facilement quand on opère à chaud et en solution méthylique; on isole alors de la transformation l'iodure de tétraméthylammonium, l'iodhydrate de la base mise en œuvre, le diphényléthylène dissymétrique :

$$\begin{aligned} &2(C^6H^5)^2C(CH^3)-N(CH^3)^2+2CH^3I \\ &= (C^6H^5)^2C=CH^2+(CH^3)^4NI+(C^6H^5)^2C(CH^3)-N(CH^3)^2, HI. \end{aligned}$$

Ces deux transformations justifient la constitution admise pour l'amine tertiaire.

Je poursuis actuellement l'étude de l'action des dérivés organomagnésiens sur les iodoalcoylates des imines.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation du triphénylcarbinol et du phénylfluorènecarbinol sous pression.* Note de MM. V. **Ipatief** et B. **Dolgof**, présentée par M. C. Matignon.

Théoriquement on peut s'attendre à ce que l'hydrogénation du triphénylcarbinol se fasse en quatre phases :

1° Séparation d'eau et formation de triphénylméthane; 2° réduction en diphénylcyclohexylméthane; 3° formation de dicyclohexylphénylméthane; 4° formation du produit d'hydrogénation complète du tricyclohexylméthane.

$$(C^6H^5)^3COH \rightarrow (C^6H^5)^3CH \rightarrow \begin{matrix}(C^6H^{11})-CH \\ (C^6H^5)^2\diagup\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}(C^6H^{11})^2=CH \\ (C^6H^5)\diagup\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}C^6H^{11}\diagdown \\ C^6H^{11}-CH. \\ C^6H^{11}\diagup\end{matrix}$$

M. Godchot, le premier a obtenu le tricyclohexylméthane en réduisant [1] le triphénylméthane par le procédé de Sabatier et Senderens; le produit de M. Godchot se présentait comme une huile bouillant à 140° sous une pression de 20^{mm}, de densité 0,8406, d'odeur aromatique. Déjà par un faible chauffage avec l'acide sulfurique concentré le produit donnait une coloration cannelle sombre, ce qui indique qu'il n'était sans doute pas hydrogéné jusqu'au bout. M. Godchot ne dit pas si ce produit réagit avec le mélange nitrant. Le tricyclohexylméthane $(C^6H^{11})^3CH$ doit être un corps parfaitement inerte, ce que démontrent aussi nos résultats.

On doit supposer que M. Godchot n'a pas obtenu le tricyclohexylméthane.

---

[1] *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 1057, et *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **7**, 1908, p. 958.

Les expériences préliminaires ont montré qu'à 230° de l'eau se sépare du triphénylcarbinol et que celui-ci se transforme en tricyclohexylméthane; la température optimum d'hydrogénation paraît être 275°; au-dessous le phénomène n'est pas complet; à 300° il se produit une décomposition de la substance. On n'a jamais observé de rendements quantitatifs en tricyclohexylméthane, c'est-à-dire qu'en même temps que la réaction principale

$$(C^6H^5)^3COH + 10H^2 = (C^6H^{11})^3CH + H^2O,$$

il se fait des réactions secondaires dans les deux directions

(I) $$(C^6H^5)^3COH + 11H^2 = (C^6H^{11})^2CH^2 + C^6H^{12} + H^2O,$$

(II) $$(C^6H^5)^3COH + 11H^2 = C^6H^{11} - C^6H^{11} + C^6H^{11}CH^3 + H^2O.$$

La formation de dicyclohexylméthane (I) va beaucoup plus loin que celle du dicyclohexyle (II), c'est-à-dire que la réaction secondaire (I) est la plus importante des deux. La proportion décomposée, les rendements en dicyclohexylméthane et la formation de dicyclohexyle s'élèvent avec l'accroissement de la température, et à 300° la réaction principale devient nulle. Les produits formés à 300° sont des huiles fluides, avec prédominance du dicyclohexylméthane. Une décomposition plus profonde des molécules a lieu partiellement, c'est-à-dire qu'on trouve toujours CH^4 dans les gaz de la réaction (3 à 9 pour 100).

L'étude complète qui a été faite des produits d'hydrogénation du triphénylcarbinol permet de considérer la substance obtenue comme étant le tricyclohexylméthane, quoique par ses propriétés physiques et chimiques elle soit tout à fait différente du produit obtenu par M. Godchot.

Analyse.

	Trouvé.		Calculé.		Trouvé.	Calculé.
C.	86,75	86,87	87,02	$d_0^{20} =$	0,9413	″
H.	12,98	12,92	12,98	$n_D^{20} =$	1,4919	″
				MD =	80,13	80,8
				M =	261	260

Comme aux températures d'environ 300° le triphénylméthane peut dans certains cas se transformer par pyrogénation en phénylfluorène :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \diagdown \\ C^6H^5 - CH \\ C^6H^5 \diagup \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} \!\!> C \begin{matrix} \diagup H \\ \diagdown C^6H^5 \end{matrix} + H^2$$

Triphénylméthane. Phénylfluorène.

il pouvait y avoir doute que le produit obtenu fût du phénylfluorène complètement hydrogéné (perhydrophénylfluorène). Pour résoudre cette ambiguïté, on a fait la synthèse du phénylfluorènecarbinol et on l'a hydrogéné, ce qui a donné comme résultat un produit semblable au tricyclohexylméthane, mais tout à fait différent par ses propriétés, le perhydrophénylfluorène.

Analyse.

	Trouvé.		Calculé.		Trouvé.	Calculé.
C.....	86,88	87,52	87,60	d_0^{20} =	0,9413	″
H......	12,31	12,41	12,40	n_D^{20} =	1,4919	″
				MD =	80,13	80,8
				M =	261,1	26,0

Ces résultats permettent de penser que nous avons obtenu, à partir du triphénylcarbinol, le tricyclohexylméthane ([1]).

GÉOLOGIE. — *Sur les formations gréseuses des îles de Port-Cros et du Levant.* Note de MM. L. Léger et F. Blanchet, présentée par M. Émile Haug.

Falsan a signalé en 1863 la présence de sables calcaréo-siliceux dans les îles de Port-Cros et du Levant (îles d'Hyères) en deux points principaux, l'anse des Grottes et la pointe du Tuf, sans insister sur la singularité de la présence de cette formation, qu'il considère comme tertiaire, dans des terrains fondamentalement cristallins.

Nous avons pu visiter ces régions peu connues et étudier de près ces curieux dépôts qui, jusqu'ici, n'ont pas reçu d'autre interprétation et que nous croyons devoir considérer comme plages soulevées.

Bien que l'importance de l'étude de telles formations réside surtout dans leurs corrélations sur de grandes étendues, il nous a paru intéressant, au moment où des levés de précision ont été entrepris dans la Basse-Provence par M. le professeur Haug et ses élèves, d'insister sur leur présence au moins dans deux encoches du rivage situées l'une au sud-est de l'île de Port-Cros, c'est la pointe du Tuf ([2]), l'autre sur la côte occidentale de l'île du

([1]) Un Mémoire plus étendu paraîtra dans un autre Recueil.

([2]) Cette formation, bien connue des pêcheurs sous le nom de tuf, nous a montré des traces d'exploitation et peut-être même d'abris anciens. A l'île du Levant, la tour ruinée du Castellas, attribuée aux Sarrazins, est en partie construite avec ce tuf de Port-Cros, d'après l'observation de M. Virey.

Levant. Dans cette dernière station, les strates horizontales des grès reposent sur les schistes cristallins redressés et en un point la zone de contact excavée a donné une grotte dont le plancher est cristallin et le plafond gréseux.

C'est l'anse des grottes du Titan. Nous donnerons la répartition précise avec carte de ces formations dans une Note détaillée, où nous espérons montrer qu'elles ne sont pas seules sur le littoral des Maures, bien que Lutaud note leur absence, qui serait due, d'après lui, à la moindre résistance de ces roches et leur non-protection par des éboulis.

Dans les deux points précités, la formation se présente sous forme d'épaisses masses de grès grossier très siliceux, jaunâtre, à stratification généralement parallèle, plus rarement entre-croisée et fortement inclinée vers la mer dans la partie haute, en pente plus douce vers le bas, où la mer les recouvre d'ailleurs sur une épaisseur que nous n'avons pu apprécier. Leur partie supérieure atteint l'altitude de 30 à 35^{m} environ. Çà et là, à l'intérieur de cet ensemble très curieusement découpé par les phénomènes éoliens, existent de rares blocs anguleux de schistes cristallins, identiques à ceux qui constituent les crêtes voisines. Enfin, on peut observer, sous certains des bancs les plus inférieurs de ces masses gréseuses et plus particulièrement à l'île de Port-Cros, la présence d'un amas de morceaux plus ou moins volumineux de roche cristalline non cimentés entre eux, sauf au contact des grès et qui paraissent représenter un épisode continental (éboulis) ayant précédé la formation de ces plages.

Ces dépôts, dans leur ensemble, paraissent fort identiques au *marès* que Paul Fallot a récemment réétudié à Majorque et qu'il considère d'ailleurs, d'une façon générale, comme un dépôt de plage, pouvant passer latéralement, dans certains cas, à des dunes consolidées; mais cette dernière interprétation ne saurait être envisagée ici, car le passage aussi brusque d'une formation stratifiée d'une telle importance à de l'éboulis s'expliquerait difficilement; de plus, la cimentation de la partie supérieure de cet éboulis indique nettement l'intervention de l'eau. Enfin, si nos recherches de fossiles macroscopiques sont restées infructueuses, nous avons pu cependant, en désagrégeant la roche sous le microscope, y déceler la présence de nombreux restes de coquilles indéterminables et de divers *organismes marins* (débris d'Échinodermes, Foraminifères [Rotalidés] très nets, etc.).

L'ensemble de ces caractères permet, croyons-nous, d'interpréter ces formations comme les restes de deux plages anciennes. En l'absence de fossiles caractéristiques, il est difficile de leur assigner une date; seule leur

altitude (30 à 35^m) nous incite à les considérer comme correspondant aux couches à Strombes bien connues de nombreux points de la Méditerranée, représentant le Tyrrhénien et auquel Lutaud rattache le dépôt de galets de 33-34^m entre la Napoule et Théoule, ainsi que les surfaces d'abrasion de la rade d'Agay et du parc Calvet, près de Saint-Raphaël.

SISMOLOGIE. — *Tremblements de terre en France en* 1925. Note [1] de MM. **E. Rothé, J. Lacoste** et Mme **A. Hée**, présentée par M. Bigourdan.

Le nombre des tremblements de terre bien caractérisés, ressentis en France au cours de l'année 1925, a atteint le chiffre de 12 seulement au lieu de 24, pendant l'année 1924. La région des Pyrénées s'est montrée nettement plus stable que les années précédentes. Tandis qu'au contraire c'est la région du Plateau central qui a présenté les phénomènes les plus importants.

Région du Sud-Ouest et Pyrénées. — 15 janvier 1^{h}54^m et 25 juillet 1^h, secousse de degré III dans la région d'Argelès; — 25 juillet 13^{h}06, faible secousse dans les environs de Bagnères-de-Bigorre.

Région de l'Ouest. — 12 janvier 6^{h}30^m, séisme de degré IV ressenti particulièrement dans la région de Brest; — 1er février 21^{h}50^m, séisme de degré IV-V s'étendant sur une grande partie de la Bretagne, les îles anglo-normandes et la Cornouaille.

Région du Sud-Est et de l'Est. — 29 septembre 6^h, secousse de degré III dans la région de Digne; 4 avril 3^{h}15^m, secousse locale à Fuyeau, canton de Trets (Bouches-du-Rhône) au sud de la région si éprouvée le 11 juin 1909.

Le 8 janvier 2^{h}44^{m}48^s, séisme important dont l'épicentre se trouverait, d'après les renseignements et la carte qui nous ont été aimablement communiqués par le service suisse, en territoire suisse aux environs de Vallorbe, où les degrés VII-VIII auraient été observés. Dans de nombreuses localités comprises entre Vallorbe et le lac de Neuchâtel, on observe le degré VI.

L'enquête faite en France et dont on trouvera ailleurs les détails, prouve que c'est aussi à la hauteur de Vallorbe, dans la région comprise entre la frontière et le petit lac de Joux, que se trouvent les localités les plus

---

(1) Séance du 12 juillet 1926.

éprouvées. A vrai dire le degré ne paraît pas avoir dépassé le chiffre V en général, VI dans les points les plus voisins de Vallorbe, soit aux Hôpitaux-Neufs et aux Fourgs.

Ces résultats, qui concordent tout à fait avec ceux de l'enquête Suisse, montrent que l'épicentre se trouve dans la région comprise au sud du lac de Neuchâtel et à l'est du lac de Joux. Le terrain y est constitué, d'après la carte géologique, par diverses et longues couches vallonnées tertiaires, orientées de SW-NE. Il semble que la secousse s'est fait particulièrement sentir dans la direction de ces couches successives, car on retrouve le degré V dans la direction NE, parallèlement au lac de Neuchâtel, avec un renforcement très net au-dessus de la Cluse du Doubs, au SW du Jura Alsacien, dans la direction Mormont (Suisse) et Beaucourt-Delle (France), où semble s'être produite une sorte de phénomène de résonance.

Le mouvement s'est propagé très loin en France, où il s'est accusé dans les vallées du Doubs, du Rhin, de la Moselle, de la Saône et même de la Marne, avec le degré III.

L'épicentre se trouvant dans la région disloquée du Jura où les terrains ont dû subir un tassement très ancien, il paraît peu probable que de tels mouvements tectoniques puissent prendre actuellement une très grande amplitude.

Le 21 juillet 1925. C'est surtout encore en territoire Suisse, aux environs de Genève, que ce séisme a été ressenti; l'Observatoire l'a enregistré à 13^h2^m; la direction était NS. Bien que notre enquête ait porté en France sur 38 communes des départements de la Haute-Savoie, de l'Ain et du Jura, nous n'avons obtenu de réponse positive certaine que d'un très petit nombre de localités de l'Ain et du Jura. La secousse s'est pourtant propagée jusqu'à Annecy où elle a été perçue verticalement en pleine ville et suivie d'une réplique observée à 14^h30^m, plus faible et où le mouvement fut surtout horizontal.

Région du Centre. — Le 26 septembre, 5^h05^m, séisme dont les effets se sont fait sentir dans plus de 12 départements; épicentre : région de Châteaumeillant (Cher).

Le 3 décembre, $18^h28^m54^s$, séisme s'étendant aussi à plusieurs départements; épicentre dans la Creuse, région de Pontarion, Vidaillat, Saint-Julien-la-Brégère.

Le 9 décembre, 23^h40^m, secousse dans la haute vallée de l'Indre, région de la Châtre.

Ces trois derniers séismes ont donné lieu à une Communication antérieure (¹).

En dehors des secousses précédentes nettement caractérisées, quelques autres, très faibles, ont été ressenties au cours de l'année à Saint-Auban, arrondissement de Grasse (Alpes-Maritimes).

Il faut noter aussi une secousse annoncée par la presse le 8 janvier à 3^h, à Murat (Cantal), dont nous n'avons pas eu confirmation officielle.

De Briantes (arrondissement de la Châtre) on signale aussi de faibles secousses les 29 et 31 décembre 1925.

Enfin de Châteaumeillant (Cher), déjà bien éprouvé en septembre, on indique de fort nombreuses petites secousses plus faibles, le 4 décembre à $13^h 10^m$, $16^h 15^m$ et une trentaine du 26 décembre à janvier 1926.

Il semble donc que cette région ait été, au cours de 1925, la plus instable et qu'elle ait été le nœud de réajustements opérés sur les contreforts NW du Plateau Central.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Les hommes fossiles de la Denise : le frontal masculin, dit Frontal Aymard du Musée Crozatier, au Puy (Haute-Loire).* Note (²) de M. **Lucien Mayet**, transmise par M. Ch. Depéret.

La grande ancienneté des ossements humains provenant des sédiments du cratère-lac antemonastirien de la Denise, a été démontrée et géologiquement établie par M. Ch. Depéret (³). Le 10 mai dernier (⁴), j'ai indiqué que ces débris squelettiques étaient de trois individus de petite taille, dolichocéphales, représentant une mutation quaternaire du rameau de l'*Homo sapiens*. Deux pièces ont un intérêt capital : un frontal d'homme âgé de 35 à 45 ans, dit frontal Aymard, et un frontal de toute jeune femme dit frontal Pichot-Dumazel. Ce dernier sera étudié dans une Note ultérieure.

Le frontal Aymard est réduit à sa moitié sus-orbitaire. Elle a comme diamètres : frontal minimum, 97^{mm}; interorbitaire, 26^{mm}; biorbitaire

(¹) J. Lacoste, *Séismes observés au centre de la France en* 1925 (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1288-1289).

(²) Séance du 12 juillet 1926.

(³) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 358.

(⁴) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1232.

externe, 104^{mm}. Son épaisseur maxima ne dépasse pas 12^{mm}. La courbe frontale amorcée au-dessus de la région glabellaire indique un crâne bas (platycéphale) mais non un front fuyant. Ces caractères sont tout à fait dans la norme de l'*Homo sapiens*.

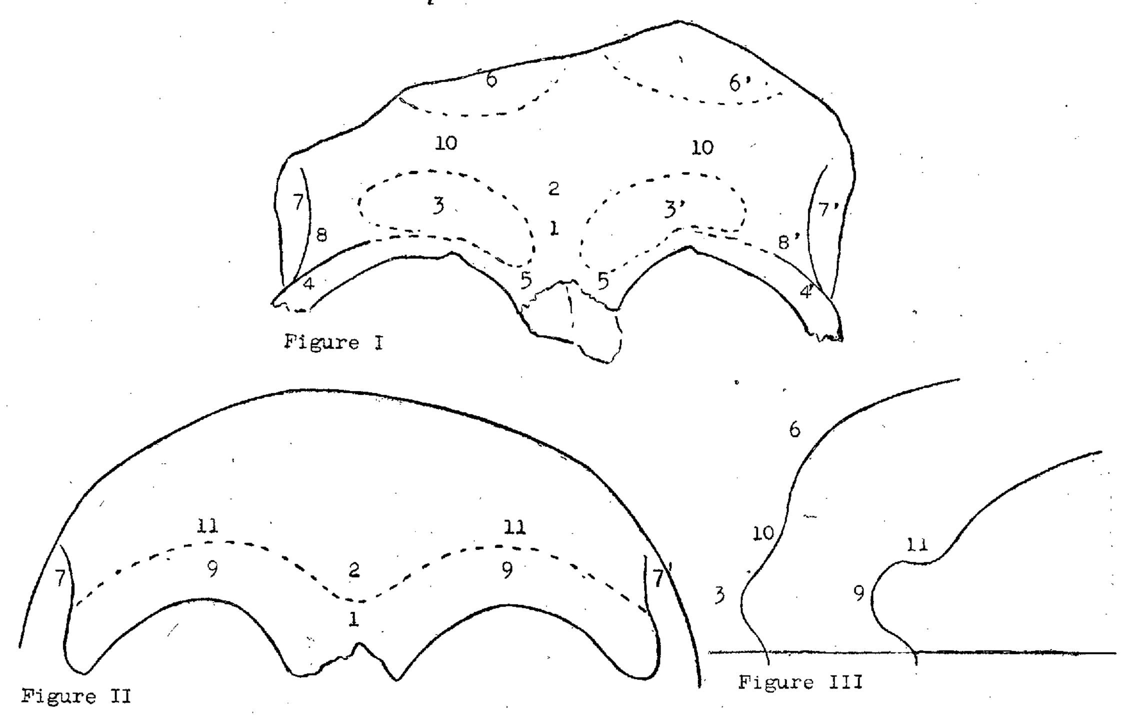


Fig. I. — Frontal Aymard.
Fig. II. — Frontal de l'Homme fossile de la Chapelle-aux-Saints (*H. neanderthalensis*).
Fig. III. — Coupe sagittale des deux pièces précédentes, passant un peu en dedans de l'échancrure sus-orbitaire. 2/3 gr. nat.

1, glabelle; 2, fossette supraglabellaire; 3, 3', arcs sourciliers; 4, 4', bord supéro-externe de l'orbite; 5, marge sus-orbitaire; 6, 6', bosses frontales; 7, 7', crêtes latérales du frontal; 8, 8' triangle supraorbitaire; 9, torus supraorbitalis; 10, dépression suprasourcilière; 11, sillon supraorbitaire.

La glabelle se présente massive, proéminente, largement modelée avec dentelures persistantes de la synostose métopique.

De chaque côté de la *fossette supraglabellaire*, existe une double saillie osseuse constituée par un fort développement de l'*arc sourcilier* droit et de l'arc sourcilier gauche, qui sont surélevés dans toute leur portion interne, répondant au sinus frontal. En haut, cet épais renflement de la table externe de l'os se relie à la partie inférieure de la bosse frontale correspondante par une courbe d'assez grand rayon (env. 65^{mm}). En bas et en dedans, il aboutit au bord supéro-interne de l'orbite par une *zone* ou *marge sus-orbitaire* de

faible étendue. En bas et en dehors, il se relie au bord supéro-externe de l'orbite, qui, de l'échancrure sus-orbitaire à l'apophyse orbitaire externe, se présente sous forme d'un cordon épais, arrondi, large de 6 à 8^{mm}. Entre ce bord supéro-externe de l'orbite, l'extrémité externe du renflement sourcilier précité et la crête latérale du frontal, se trouve délimité un petit *triangle supraorbitaire* dont le côté inférieur mesure presque 20^{mm}.

Il y a dans ce dispositif morphologique quelque chose de très différent de ce qui se voit chez l'*Homo neanderthalensis*. Là, c'est un énorme bourrelet épais de plus de 2^{cm}, constitué par toute la région sus-orbitaire unie à la glabelle, projeté en auvent, séparé du reste du front par un profond sillon supraorbitaire. Il en résulte un effacement complet de la marge sus-orbitaire et la disparition du triangle supraorbitaire. Seul, un examen un peu superficiel a pu faire qualifier de néanderthaloïde le « frontal Aymard ». Il n'en présente pas moins une morphologie assez particulière, que l'on peut retrouver plus ou moins ébauchée sur nombre de crânes actuels, mais qui n'existe vraiment bien développée et très répandue que chez les Australiens (¹).

Conclusions. — Le frontal masculin de la Denise, du type *Homo sapiens* le plus net, offre un ensemble de caractères archaïques de la région sus-orbitaire dont la survivance ne se retrouve guère que chez les plus primitifs des hommes actuels, les Australiens.

La morphologie osseuse est ici en étroite corrélation avec l'ancienneté géologique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le rôle physiologique des tannins.* Note (²) de M. **Michel-Durand**, présentée par M. Molliard.

Les résultats des recherches relatives au rôle physiologique des tannins n'autorisent aucune conclusion ferme; j'ai pensé qu'il y avait intérêt à reprendre la question après avoir établi qu'on pouvait distinguer dans les tissus deux sortes de tannins. les tannins entraînés par l'acétone et les tannins qui, échappant à l'action de ce solvant, sont dissous par l'eau.

(¹) Cunningham, *The Evolution of the Eyebrow Region of the Forehead with special Reference to the excessive supraorbital Development in the Neanderthal Race* (*Trans. R. Soc. Edinburgh*, 46, 1909, p. 283).

(²) Séance du 12

Les glands du chêne déjà étudiés par Schell et par Lloyd au point de vue histochimique ont été choisis comme matériel de recherches.

Des glands de *Quercus pedunculata* sont récoltés, les embryons sont isolés, débarrassés de leurs enveloppes. Sur chaque embryon on prélève un demi-cotylédon dans le sens de la longueur en ayant soin de ne pas blesser la plantule; ce fragment de cotylédon est pesé, les tannins et les sucres y sont dosés suivant la technique déjà exposée dans une précédente Note (1). Connaissant le poids du tissu embryonnaire on détermine la composition initiale de l'embryon. Des expériences préliminaires ont montré que la composition chimique des cotylédons est sensiblement homogène en ce qui concerne les tannins et les hydrates de carbone solubles. A ce point de vue la faible masse de la plantule par rapport à celle des cotylédons permet de considérer sa présence comme négligeable. Des embryons ainsi traités sont mis à germer dans l'obscurité sur sable lavé. Chez les plantes ainsi obtenues les analyses ont porté séparément sur les tannins et les sucres des racines, des tiges et feuilles, des cotylédons. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Variations des tannins et des hydrates de carbone au cours de la germination.

	Tannins en milligrammes.			Hydrates de carbone en milligrammes.	
	Solubles dans l'acétone.	Solubles dans l'eau.	au total.	Solubles dans l'acétone.	insolubles.
Embryon initial	76.	76.	152.	44.	1510.
Plante entière (tige de 3cm de long)	+54	+15	+ 69	+ 90	— 185
Cotylédons seuls	+34	+ 4	+ 38	+ 61	— 250
Embryon initial	64.	84	148.	72.	1574.
Plante entière (tige de 23cm de long)	+38	+64	+102	+113	—1024
Cotylédons seuls	— 8	+ 4	— 4	+ 82	—1274
Embryon initial	79.	70	149.	90.	1008.
Plante entière (tige de 50cm de long)	—53	+80	+ 27	+ 6	— 694
Cotylédons seuls	—75	+25	— 50	— 74	— 883
Embryon initial	95.	74	169.	136.	1508.
Plante entière (tige de 70cm de long)	—45	+79	+ 34	— 86	—1225
Cotylédons seuls	—89	+28	— 61	—124	—1427

Le poids des embryons varie entre 2g,6 à 2g,8.

(1) E. MICHEL-DURAND, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 586.

On voit d'après ces résultats que :

1° Les tannins totaux sont élaborés dans l'obscurité par les jeunes plantes disposant de réserves nutritives abondantes pendant les premiers jours du développement, ce qui confirme les résultats déjà exposés à ce sujet dans une note antérieure [1].

2° Dès que ces réserves et en particulier l'amidon viennent à manquer les tannins diminuent mais ils restent jusqu'à la fin en quantité supérieure à la masse initiale.

3° Si on considère la totalité des tannins dans les cotylédons seuls on voit que ces substances s'accumulent dans ces organes dès les premiers stades de la germination au moment de l'utilisation intensive des réserves; ils diminuent ensuite jusqu'à la fin de la végétation ce qui se traduit en définitive par la disparition d'une quantité appréciable de ces corps.

4° Il existe un parallélisme frappant dans les cotylédons entre l'évolution des tannins solubles dans l'acétone et celle des sucres à petite molécule, ces deux sortes de substances s'accumulent au début puis disparaissent presque en totalité lors de l'épuisement des réserves.

5° Les tannins solubles dans l'eau paraissent rester en même quantité pendant les premiers stades du développement; ils s'accumulent dans les cotylédons surtout à partir du moment où l'amidon vient à manquer; à ce moment en effet la réaction à l'iode est négative.

Il ne paraît pas encore possible d'expliquer les variations éprouvées par les tannins solubles dans l'eau. Quant aux tannins solubles dans l'acétone ils paraissent se comporter comme les sucres à petite molécule et semblent correspondre aux tannins plastiques de Lloyd et de van Visselingh.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur une méthode chimique pour déterminer les exigences en acide phosphorique des sols agricoles.* Note [2] de M. **Antonin Němec**, présentée par M. A. Th. Schloesing.

Le moyen le plus sûr de déterminer les exigences d'un sol agricole en engrais consiste à faire des expériences méthodiques de culture en plein champ. Mais cette méthode, quoique la plus exacte, est coûteuse et d'une longue durée. On a tâché de la remplacer par l'analyse chimique de la terre à l'aide d'acides plus ou moins concentrés; mais les résultats de cette sorte

(1) Michel-Durand, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1171.

(2) Séance du 19 juillet 1926.

d'analyse ont été plus ou moins incertains. Dans ces derniers temps, Neubauer et Mitscherlich ont essayé de résoudre le problème avec plus de succès par voie biologique, en se servant soit d'une expérience de végétation de courte durée associée à l'analyse chimique de plantes poussées sur le sol à examiner, soit d'expériences précises de culture en pots.

En étudiant la richesse en matières minérales de divers sols agricoles, sur lesquels *l'Union des Stations de recherches Agronomiques en Tchécoslovaquie* a exécuté des essais exacts en plein champ, j'ai tenté de me rendre compte de la quantité d'acide phosphorique présente dans le sol sous forme soluble dans l'eau. Dans ce but, j'ai appliqué une méthode colorimétrique très sensible, qui permet de déterminer des quantités minimes d'acide phosphorique avec une précision extrême. Cette méthode est basée sur la réduction de l'acide phosphomolybdique à l'aide de l'hydroquinone en milieu acide et sur la formation d'une coloration bleue après traitement avec une solution de sulfite de sodium en milieu alcalin. La présence d'une quantité de $0^{mg},005$ de phosphore provoque une coloration nettement bleue dans un volume de 100^{cm^3} du liquide examiné. Dans mes expériences, j'ai opéré sur 30^{cm^3} de la solution obtenue par l'action de 100^{cm^3} d'eau distillée sur 30^{g} du sol, desséchés à l'air libre (durée de contact d'une demi-heure).

Les résultats de mes analyses, comparés à l'augmentation de récolte due dans les essais en plein champ à l'application de superphosphate (50^{kg} P^2O^5 pour 1^{ha}), sont réunis dans les Tableaux suivants :

Lieu de l'essai.	Augmentation du rendement par l'action du P^2O^5 (qx p. 1^{ha}).	Effet global de la fumure phosphatée.	Teneur du sol en acide phosphorique soluble dans l'eau dist. (P^2O^5 en mg. p. 1^{kg} de terre).
	Betterave sucrière.		
Roudnice	3,0 ± 8,48 [1]	o	69,80
Smirice	1,1 ± 12,07	o	54,46
Unhost	6,7 ± 5,82	o	45,82
Veself en Moravie	−10,1 ± 22,10	o	43,81
Prestavlky	15,0 ± 38,6	o	39,66
Bilovice	37,3 ± 21,2	+	34,83
Karlov-Zdanice	42,6 ± 14,9	+	30,60
Zvolenèves	18,5 ± 7,74	+	22,49
Podebrady	19,8 ± 6,10	+	18,87
Zelatovice	19,25 ± 13,14	+	11,86

[1] Les nombres précédés du signe ± indiquent les erreurs probables des expériences en plein champ. Chaque essai a été répété sur quatre parcelles.

Lieu de l'essai.	Augmentation du rendement par l'action du P^2O^5 (qx p. 1ha).	Effet global de la fumure phosphatée.	Teneur du sol acide phosphorique soluble dans l'eau dist. (P^2O^5 en mg. p. 1kg de terre).
	Orge.		
Chrudim	1,57 ± 2,122	0	46,01
Kolec	0,50 ± 1,04	0	30,57
Mansko-Holesov	−1,09 ± 1,56	0	24,12
Zabeice	4,1 ± 1,5	+	21,48
Plzen	1,1 ± 0,12	+	18,73

D'après les résultats que j'ai obtenus dans plus de 50 cas jusqu'à présent avec diverses cultures agricoles, on voit que *les sols présentant une teneur en acide phosphorique soluble dans l'eau supérieure à 35mg P^2O^5 par kilogramme de terre desséchée à l'air libre, ne sont guère sensibles à l'addition des engrais phosphatés, si l'on cultive la betterave à sucre. Cette quantité peut être considérée comme valeur limite indiquant ce qu'exigent les sols agricoles en fumure phosphatée pour le développement favorable de la betterave sucrière, limite au-dessous de laquelle on peut pressentir l'utilité de l'apport des engrais phosphatés à la dose de 50kg P^2O^5 sur 1 hectare.* Pour l'orge, la limite de la teneur en P^2O^5 baisse à 22mg, pour la pomme de terre (1) et pour les prairies jusqu'à 19mg par kilogramme de terre. La limite mentionnée pour l'avoine est représentée par la valeur la plus basse (15mg P^2O^5 dans 1kg de terre).

Il serait prématuré d'attendre de ce procédé chimique la détermination des doses d'engrais à employer, parce que l'activité de la dissolution des réserves phosphatées par l'action des racines de diverses cultures montre des différences notables. Néanmoins, *comme méthode indicatrice, très simple et très rapide*, déterminant la quantité d'acide phosphorique immédiatement assimilable, elle pourra être appelée à rendre service en vue de l'emploi économique des engrais phosphatés dans la pratique agricole.

---

(1) Němec Antonin, *Bulletin de l'Académie Masaryk de Travail* (*Sbornik Masarykovy Academie Pràce*), I, 1926, p. 57, Prague.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence de l'acide carbonique sur le sperme d'Oursin, en fonction de la masse.* Note [1] de Mme **Anna Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La survie de divers organismes aquatiques dans des milieux nocifs est, comme nous l'avons montré, fonction de la masse des animaux dans un volume de liquide donné. La résistance du sperme n'est qu'un cas particulier de ce phénomène assez général. Il y a déjà longtemps qu'on a remarqué que le sperme survit plus longtemps s'il est plus concentré. Dans un important Mémoire sur ce sujet, Ed. J. Cohn [2] cherche à établir que cette résistance accrue est due à l'acide carbonique qui, émis en plus grande quantité par le sperme concentré, inhibe l'activité des spermatozoïdes et retarde ainsi leur mort. Que l'acide carbonique joue un rôle, cela n'est pas douteux, mais il n'est certainement pas le seul facteur en jeu, comme semblent le prouver les expériences suivantes, effectuées au laboratoire de Concarneau, pendant les étés 1923 et 1925, sur le *Strongylocentrotus lividus* et l'*Echinus miliaris*.

Dans une série de petits tubes de verre de 2^{cm} de diamètre, contenant chacun 6^{cm^3} d'une dilution plus ou moins concentrée de sperme (au $\frac{1}{100}$, au $\frac{1}{200}$, au $\frac{1}{400}$, au $\frac{1}{800}$, au $\frac{1}{1000}$, au $\frac{1}{5000}$), on fait barboter de l'acide carbonique jusqu'à saturation. Avec le sperme ainsi saturé de CO^2, on féconde, immédiatement ou après 20 minutes, 40 minutes, 1 heure, des œufs placés dans des verres de montre en 2^{cm^3} d'eau. Or, bien que la proportion d'acide carbonique soit la même pour toutes les dilutions du sperme, on observe des effets très différents suivant que le sperme est dilué au $\frac{1}{100}$, ou au $\frac{1}{1000}$, ou davantage.

Avec le sperme au $\frac{1}{100}$, CO^2 à saturation ne réussit pas à paralyser les mouvements des spermatozoïdes : ceux-ci, mis en présence des œufs, se groupent autour d'eux plus ou moins rapidement en dessinant de belles auréoles. Fait curieux : aucune membrane de fécondation ne se forme. Les œufs ne s'en développent pas moins, mais leur segmentation est plus ou moins irrégulière et les larves qu'ils donnent se cytolysent facilement.

Dans le cas du sperme plus dilué, au contraire, les spermatozoïdes, mis

---

(1) Séance du 19 juillet 1926.

(2) Ed. J. Cohn, *Studies in the Physiology of Spermatozoa* (*Biological Bulletin* 34, 1918, p. 167 à 218).

au contact des œufs restent paralysés parfois pendant une demi-heure; ensuite seulement il parviennent à féconder les œufs, qui s'entourent de belles membranes et donnent des larves bien constituées et robustes. Résultat paradoxal en apparence : c'est dans le cas où le sperme paraît le plus éprouvé par l'agent toxique (paralysie prolongée) qu'on obtient les développements les meilleurs. En réalité, CO^2 détermine toujours sur le spermatozoïde une crise; mais, dans le premier cas, la fécondation a lieu pendant la crise; dans le second cas, elle a lieu après.

Si on laisse séjourner le sperme, de 20 minutes à 1 heure, dans l'eau maintenue saturée d'acide carbonique, le contraste entre les spermes concentré et dilué persiste, mais il est inversé en quelque sorte. Le sperme concentré se remet petit à petit et donne au fur et à mesure toujours plus de belles membranes et des développements parfaits. Le sperme dilué, au contraire, dans les mêmes conditions, perd de plus en plus son pouvoir fécondant.

Nous avons répété les expériences précédentes avec une dose de CO^2 moitié moindre, et nous avons obtenu des résultats analogues, moins accusés.

Pour expliquer le contraste si frappant entre sperme concentré et sperme dilué, il n'est guère possible d'admettre l'épuisement plus rapide de la substance toxique dans le premier cas, puisqu'on remplace à mesure l'anhydride carbonique qui pourrait être absorbé. L'explication de Cohn ne s'applique évidemment pas non plus.

Nous avons recherché aussi l'action de l'acide carbonique sur les œufs : ceux-ci y sont très sensibles. Dans l'eau saturée par CO^2, ils perdent presque immédiatement la faculté d'attirer les spermatozoïdes, et peu après celle de se développer.

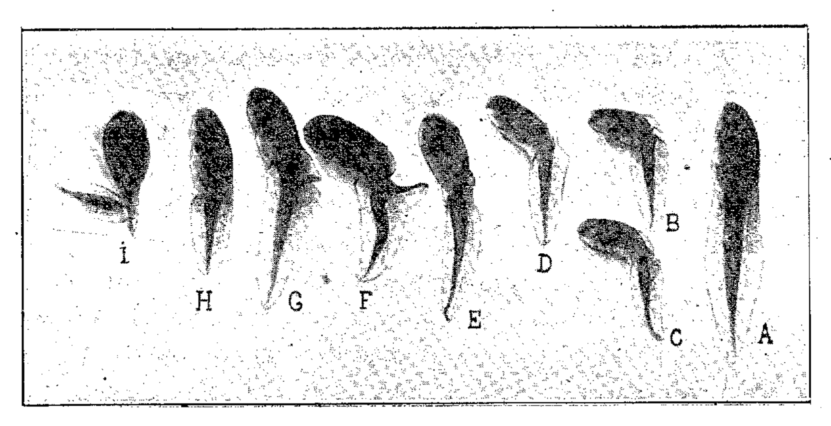
BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Faits expérimentaux relatifs à l'harmonie de croissance chez les larves d'Anoures.* Note [1] de M. **Max Aron**, présentée par M. Widal.

Quand on pratique, chez une très jeune larve de *R. temporaria* ou *esculenta*, la section des organes axiaux, en avant du bourgeon caudal, on remarque que la queue croît moins rapidement que chez les témoins, avec

[1] Séance du 12 juillet 1926.

une vitesse qui se montre sensiblement égale à celle d'une queue complètement excisée [1]. Une fois atteinte la longueur maximum que cette dernière est capable d'acquérir (4^{mm} chez *R. esculenta*, un peu davantage chez *R. temporaria*), le développement se ralentit encore considérablement. A 18°, il demeure pratiquement nul; à des températures plus élevées, il s'accélère quelque peu, quoique toujours fort inférieur à la normale. Comme la vascularisation de la queue s'installe en son temps et que sa nutrition est parfaitement assurée, les facteurs humoraux ne sauraient être mis en cause dans les phénomènes observés. Ce qui règle la vitesse d'accroissement dans les conditions habituelles, c'est donc une certaine influence transmise d'avant en arrière, le long des organes axiaux.

Par la suite, chez les larves opérées, deux éventualités sont susceptibles d'intervenir en ce qui concerne le développement du tronc :



Larves de *Rana esculenta* issues d'une même ponte et conservées dans le même récipient (eau à 25°). Opérées le 26 mai, au stade de 3^{mm} de longueur totale. Photographie prise le 5 juin. Grossissement : × 2.

A, témoin normal; B, C, D, section axiale en avant du bourgeon caudal : pas de réparation consécutive; E, F, G, même opération : réparation consécutive; H, section totale du bourgeon caudal : régénération; I, section axiale en avant du bourgeon caudal : rejet latéral de la queue et régénération.

Dans un certain nombre de cas, la section des organes axiaux a été assez profonde pour provoquer le rejet de la queue sur le côté, et pour permettre ainsi un processus de régénération à partir du bout central, comme si l'on avait pratiqué l'ablation complète du bourgeon caudal. La queue initiale se comporte alors comme un greffon inséré sur la queue néoformée, en présentant les modalités atypiques d'accroissement dont j'ai fait état

[1] Communication au Congrès des Anatomistes, Liège, 29-31 mars 1926.

ci-dessus. Dans ces conditions, le développement du tronc se poursuit normalement ou avec un léger retard par rapport aux témoins (*fig.* I), comme chez des larves à queue complètement enlevée (*fig.* H).

Dans d'autres cas au contraire, après section axiale, la queue reste en place (*fig.* B, C, D). On observe alors constamment que le tronc s'arrête dans son accroissement, de même que la queue, ou bien grandit très lentement.

Or une seule différence oppose l'un à l'autre ces deux groupes de résultats : dans le premier il est permis à la régénération de se produire ; dans le second elle est empêchée, sans doute par le maintien, en sa situation normale, de la queue axialement isolée.

Je me crois autorisé à conclure de ces divers faits :

1° *Une certaine influence, propagée d'avant en arrière, le long des organes axiaux, est indispensable à assurer une vitesse de développement normale de la queue.* Si le tronc poursuit régulièrement sa croissance (ce qui n'arrive, nous l'avons vu, que dans le cas de régénération de la queue) le développement de la queue, séparée de ses connexions axiales, n'est plus en harmonie avec celui du reste de l'organisme.

2° Réciproquement *le développement normal ou la régénération de la queue se montrent indispensables à l'accroissement du tronc.*

On peut se demander si, dans les cas où la queue, séparée de ses connexions axiales, demeure en place, l'arrêt ou l'extrême ralentissement de croissance du tronc ne reconnaissent pas des causes d'ordre nutritif. J'ai envisagé avec soin cette cause d'erreur, et je l'ai rejetée pour les raisons ci-après. Les phénomènes que j'ai décrits se manifestent déjà nettement bien avant l'épuisement des réserves, alors que les larves nagent à peine et et ne mangent pas. Plus tard, il est facile de s'assurer que la nutrition s'effectue en d'excellentes conditions. Enfin, à quelque stade que ce soit, si la coaptation se réalise entre le bout périphérique et le bout central des organes axiaux, aussitôt la croissance de la queue se déclenche de nouveau avec une vitesse normale, accompagnée d'un accroissement correspondant du tronc (*fig.* E, F, G) [1].

---

[1] Il existe des cas particuliers, sur lesquels je ne puis m'étendre ici, et dans lesquels, malgré la coaptation, le tronc ne peut croître, en raison de certaines malformations. Mais alors la queue ne s'allonge pas davantage : l'harmonie demeure respectée.

PHOTOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparative de la fluorescence de quelques porphyrines naturelles et artificielles.* Note de MM. **Charles Dhéré** et **Elphège Bois**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons étendu aux porphyrines *naturelles* et à plusieurs porphyrines *artificielles* les déterminations spectrographiques effectuées sur l'hématoporphyrine par Dhéré et ses collaborateurs ([1]).

Les échantillons utilisés ([2]) ont été mis à notre disposition par M. le professeur Hans Fischer (de Munich), dont les belles recherches dans ce domaine sont bien connues. Le Tableau suivant contient les résultats (λ en $\mu\mu$) fournis par des solutions (au $\frac{1}{50000}$ environ) dans la pyridine (qualité *puriss.*, de Merck) :

	Premier maximum.	Deuxième maximum.	Troisième maximum.	Bande forte. Limites.	Bande forte. Axe.
		Porphyrines naturelles.			
Protoporphyrine......	706-696	689-677	669-657	**649,3-618,5**	**633,9**
Uroporphyrine.......	696-688	678-669	660-651	**638,5-615,4**	**626,9**
Coproporphyrine.....	696-686	677-666	657-646	**638,5-610,3**	**624,4**
		Porphyrines artificielles.			
Hématoporphyrine....	696-686	678-668	6596-49	**641,1-613,3**	**627,2**
Mésoporphyrine......	694-684	677-666	656-646	**639,8-608,3**	**624,0**
Étioporphyrine.......	693-684	677-668	656-645	**637,1-610,3**	**623,7**
Isoétioporphyrine.....	693-683	677-666	656-646	**637,1-610,3**	**623,7**

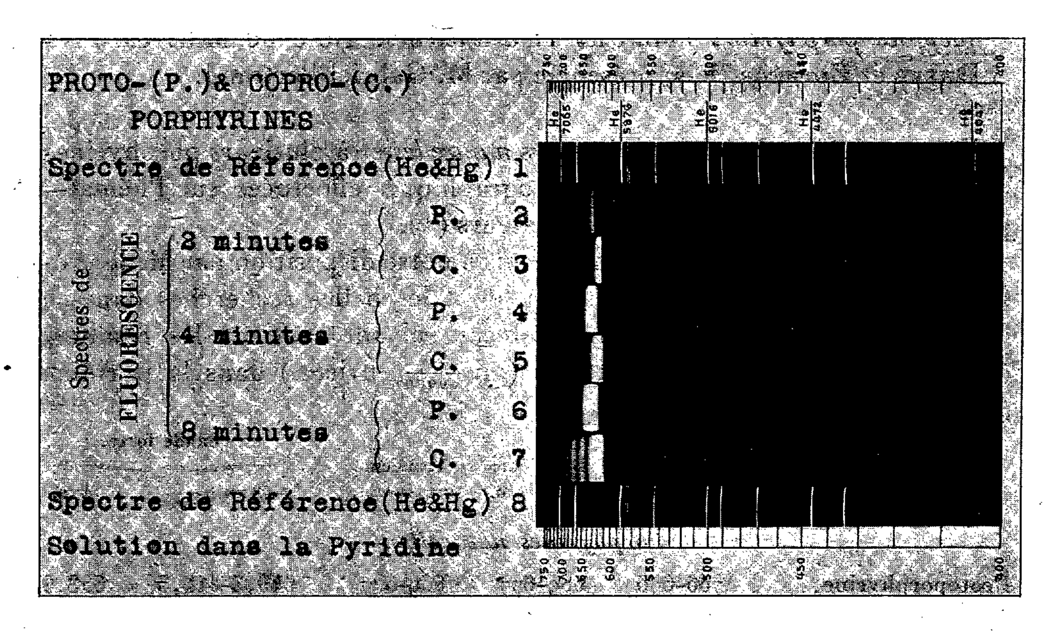
Voici, de plus, la reproduction des spectres de fluorescence de la *protoporphyrine*, identique à l'ooporphyrine (qu'on obtient aussi comme dérivé de l'hémochromogène) et de la *coproporphyrine*. Ce sont là les *deux principales porphyrines naturelles*, l'uroporphyrine provenant de la coproporphyrine par carboxylation secondaire, d'après Hans Fischer.

Toutes les porphyrines étudiées présentent, dans la pyridine, un *spectre*

([1]) Cf. Ch. Dhéré, A. Schneider et Th. van der Bom, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 351. Nos conditions opératoires ont été les mêmes que celles indiquées dans cette Note, sauf que nous avons toujours utilisé des plaques Ilford *Special Panchromatic*.

([2]) A la seule exception de l'hématoporphyrine (préparation personnelle). Nous possédons en tout plus de 50 clichés comprenant, chacun, 5 ou 6 spectres de fluorescence.

cannelé à quatre bandes, même l'étioporphyrine (non oxygénée) *qu'on peut préparer aussi bien à partir de la chlorophylle que de l'hémoglobine* (¹).



C'est avec la protoporphyrine que la structure cannelée est la moins marquée; elle est au contraire très accusée avec la coproporphyrine, comme on le voit sur la figure (non retouchée). Pour ces deux porphyrines, l'écart des axes est en outre relativement considérable.

Nous avons examiné de plus les fluorescences en solutions acides (HCl $2n$) et alcalines ($NH^4OH\,n$). En *solutions acides,* toutes les porphyrines présentent le spectre de fluorescence, d'un type très différent, déjà décrit par Dhéré et ses collaborateurs; mais naturellement avec des écarts notables dans la position des bandes. Pour quelques-unes de ces porphyrines, la détermination des spectres de fluorescence en *solutions alcalines* a été rendue très difficile ou même impossible par la faible solubilité : tel a été le cas avec la protoporphyrine, la mésoporphyrine et les étioporphyrines. Les spectres qu'on a réussi à photographier sont, d'ailleurs, plus ou moins analogues à ceux offerts par les solutions dans la pyridine.

En 1911, Dhéré et Sobolewski (²) ont signalé que la lumière fluorescente émise par l'hématoporphyrine est plus rouge (et moins orangée) en solution alcaline qu'en solu-

(¹) L'étioporphyrine et l'isoétioporphyrine que nous avons employées étaient des *produits synthétiques* (cf. Hans Fischer, Halbig et Klarer, *Liebigs Annalen*, **448**, 24 juin 1926, p. 178 et 193).

(²) *Comptes rendus Soc. Biol.*, **63**, 1911 (I), p. 511.

tion acide. Ce fait a été utilisé depuis en médecine légale (Heller, Golonsko). Nous avons constaté, avec notre série de porphyrines naturelles et artificielles, que ce changement de couleur en fonction du pH est général ([1]).

Les spectres de fluorescence des éthers que forment par méthylation ces porphyrines (à l'exception des étioporphyrines) ont été photographiés en solution dans le chloroforme. La structure cannelée (quatre bandes) est généralement très nette. Le spectre de fluorescence de la protoporphyrine méthylée (*Protoporphyrin-methylester*) est seul bien à part; il est constitué par trois bandes : la première forte, la seconde large et faible, la troisième (la moins réfrangible) faible et étroite.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'agglutination (à propos du* Br. melitensis). Note de M. **Béguet**, présentée par M. Roux.

En étudiant les conditions d'agglutinabilité de 52 souches du genre *Brucella* (*Br. melitensis* et *Br. abortus*), sous l'influence de la chaleur en eau physiologique (phénomène de Burnet), des acides, des bases, des sérums non spécifiques, et des sérums spécifiques, nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

L'*agglutination non spécifique* des *Brucella* est due à la floculation de substances péri- et interbactériennes, floculation qui agit sur les corps microbiens comme la floculation de l'albumine agit sur les corps en suspension dans le collage des vins.

On peut débarrasser une suspension de *Brucella* de la substance qui donne l'agglutinabilité par la chaleur en eau physiologique, par les acides et par les sérums non spécifiques, en la filtrant sur noir animal ([2]), et d'autre part on peut fixer cette substance sur les corps microbiens qui ne l'ont pas ou qui l'ont perdue, en les mettant en suspension dans le liquide clair provenant de la centrifugation de la suspension en eau distillée d'une *Brucella* très agglutinable par la chaleur, liquide clair concentré au préalable par évaporation dans le vide et ramené ensuite au taux de l'eau physiologique (à 7,5 pour 100) par addition de chlorure de sodium. Le liquide clair ainsi obtenu flocule lui-même par la chaleur, les acides, les bases et les sérums non spécifiques.

Une suspension débarrassée par le noir animal de cette substance devient plus agglutinable par les sérums spécifiques. Inversement, si l'on ajoute

---

([1]) Avec la protoporphyrine, la solution ammoniacale peut perdre rapidement sa fluorescence et prendre un aspect colloïdal. Avec les étioporphyrines, la solution ne pouvant pas être obtenue directement dans l'ammoniaque, on ajoutait un excès convenable d'ammoniaque à une solution acide.

([2]) Il reste une substance agglutinable par les bases.

cette substance à une suspension très agglutinable par les sérums spécifiques, cette agglutinabilité spécifique se trouve diminuée.

Les substances qui donnent l'agglutinabilité non spécifique sont normalement adsorbées pour leur plus grande partie sur les corps bactériens et il n'en reste qu'une faible proportion dans le liquide après centrifugation. Elles se trouvent en quantités variables suivant les souches. Elles semblent être communes à de nombreuses espèces microbiennes.

L'*agglutination spécifique* paraît résulter de la floculation d'une substance propre au genre *Brucella*, substance purement bactérienne qui, chaque fois qu'on met le microbe en suspension, passerait en partie dans le liquide à la faveur d'un équilibre de membrane.

En effet on peut, à la condition de se débarrasser par adsorption sur noir animal de la substance empêchante qui donne l'agglutinabilité non spécifique, obtenir, par la technique indiquée plus haut, un liquide clair concentré qui flocule sous l'action des sérums spécifiques et présente ainsi le phénomène de Kraus renforcé. Mais le pouvoir adsorbant du noir animal étant sensiblement le même pour les corps bactériens eux-mêmes que pour la substance donnant l'agglutinabilité spécifique, nous n'avons pu réaliser les expériences de suppression et de transfert, comme pour l'agglutinabilité non spécifique.

Néanmoins nous avons pu voir que l'agglutination spécifique est soumise aux mêmes conditions que l'agglutination non spécifique, qui répondent aux *lois générales de la stabilité des solutions colloïdales*.

1° *La concentration*. — La floculation et par suite l'agglutination sont d'autant plus importantes que la proportion de la substance floculable est plus grande. La viscosité augmente dans les concentrations très poussées et la floculation devient spontanée peu avant la dessiccation.

2° *La température*. — Le phénomène est d'autant plus marqué que la température est plus élevée, sauf dans le cas où la cause déterminante est thermolabile (sérums non spécifiques).

3° *L'ionisation du liquide intermicellaire*. — Le phénomène ne peut se produire qu'en présence d'une certaine ionisation du liquide de la suspension (sels neutres, traces d'acides ou de bases). Il est empêché à la température ordinaire, pour l'agglutination non spécifique, et à partir de 50° pour l'agglutination spécifique, par la seule présence du formol à la dose de 1 pour 100, qui baisse l'ionisation des liquides, surtout quand on élève la température.

Ces résultats permettent de concilier la conception de Ch. Nicolle qui mettait à la base du phénomène de l'agglutination une substance issue du

microbe et restant pour la plus grande partie au niveau de la membrane, et l'hypothèse de J. Bordet qui faisait de l'agglutination une modification dans les attractions moléculaires réunissant les éléments entre eux ou avec le liquide ambiant.

Le phénomène se trouve compliqué par la présence d'au moins deux substances floculables différentes.

THÉRAPEUTIQUE. — *Action comparative du stovarsolate et du chlorhydrate de quinine dans la fièvre quarte paludéenne.* Note de M. **R. Boyé**, présentée par M. Roux.

On sait quelle action remarquable possède l'arsenic, et en particulier l'acide oxyaminophénylarsinique sur une des trois formes du paludisme, la fièvre tierce à *Plasmodium vivax*. On sait également que ce corps reste inactif sur les *Plasmodium malariæ* et *præcox*.

Il était intéressant de rechercher si l'association de l'arsenic et de la quinine ne possédait pas sur ces deux parasites une action plus forte que l'une et l'autre de ces substances employées seules.

Nous nous sommes adressés au *P. malariæ* existant sur des paralytiques généraux.

Les produits employés se composaient d'oxyamino-phénylarsinate ou plus simplement de stovarsolate de quinine, préparé par MM. Fourneau et Trefouel, renfermant 54,9 pour 100 de quinine base. Le sel de quinine utilisé comme témoin était du chlorhydrate à 82 pour 100 de quinine base.

Nous avons choisi des malades dont le sang renfermait une quantité approximativement égale de parasites. Ceux-ci étaient comptés sur goutte épaisse et sur quarante champs choisis dans des parties d'épaisseur à peu près égale.

Les deux malades, dans une première série d'expériences, ont reçu, *per os*, l'un une dose de quinine notoirement inférieure à la dose curative, l'autre une dose de stovarsolate contenant une égale quantité de quinine. Trois expériences ont été faites avec une seule dose massive : les sujets de l'expérience I ont reçu respectivement 1^g de stovarsolate de quinine et $0^g,50$ de chlorhydrate, ceux de l'expérience II $1^g,50$ de stovarsolate et $0^g,75$ de chlorhydrate, ceux de l'expérience III 2^g de stovarsolate et 1^g de chlorhydrate. Les résultats parfaitement comparables ont démontré la supériorité de l'association arsenic-quinine. En trois jours le nombre des parasites, en ce dernier cas, se trouvait réduit de 85 à 90 pour 100, alors qu'il restait sensiblement le même avec la quinine.

Dans une deuxième série, trois expériences ont été faites en utilisant les doses de 1g de stovarsolate et de 0g,50 de chlorhydrate de quinine, mais administrées quotidiennement jusqu'à disparition des parasites. Le stovarsolate de quinine s'est encore montré supérieur au chlorhydrate puisqu'il a permis d'obtenir le résultat cherché en 6, 6 et 4 jours, tandis qu'il fallait 11 jours avec le second dans l'une des expériences et que les parasites continuaient à persister après le sixième jour, pour les deux autres.

Bien entendu, il ne faut voir ici que des résultats vérifiables au microscope, ne devant pas être confondus avec une cure radicale des malades dont le traitement eût dû être, dans ce but, poursuivi un temps notablement plus long.

Conclusion. — Dans les conditions d'expérience où nous nous sommes placé, la combinaison arsenic-quinine envisagée est plus active sur le paludisme de la fièvre quarte à *Plasmodium malariæ* que la quinine à dose égale donnée seule.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Influence des sels de nickel et de cobalt sur quelques diabétiques.* Note de M. F. **Rathery** et Mlle L. **Levina**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous publions les premiers résultats obtenus à la suite d'injections prolongées chez onze diabétiques de la solution mixte de nickel et de cobalt employée par MM. Gabriel Bertrand et M. Mâchebœuf dans leurs expériences [1].

On pratiquait chez ces diabétiques des injections sous-cutanées de $2^{cm^3},5$ à 5^{cm^3} et 10^{cm^3}; ces injections étaient faites tous les deux jours. Elles ont toujours été remarquablement bien supportées : aucune douleur ni réaction locale, aucun trouble général.

Les malades ont été suivis dans certains cas plus de quatre mois, quelques-uns ont reçu jusqu'à 48 injections.

Les malades étaient longuement examinés avant le traitement; on établissait leur tolérance glucidique en leur prescrivant un régime fixe où protides, lipides et glucides étaient dosés; ils étaient maintenus à un taux fixe pendant toute la durée du traitement et un temps suffisamment prolongé avant de commencer ce traitement. Toutes précautions très importantes pour juger de l'efficacité d'un traitement quelconque chez les diabétiques.

---

(1) Voir plus haut, p. 259.

On dosait le sucre sanguin par la méthode de G. Bertrand après défécation par le réactif de Patein. On dosait également les corps acétoniques (acétone, acide diacétique) et l'acide β-oxybutyrique. La recherche du sucre urinaire était faite tous les jours ou tous les deux jours; la recherche de la glycémie et des corps acétoniques urinaires de temps en temps.

Nous avions choisi des types de malades différents : les uns atteints de diabète simple, les autres de diabète consomptif. Nous pouvons classer les résultats obtenus en deux groupes.

Premier groupe : résultats nettement positifs (5 malades). — On constate :

a. La disparition de la glycosurie au bout d'un temps variable. Cette disparition est précédée, en général, d'une augmentation temporaire de la glycosurie lors des premières injections; le sucre disparaît ensuite vers la neuvième ou la douzième; mais cette disparition est temporaire, au bout de quelques jours le sucre réapparaît; il disparaît à nouveau par une nouvelle injection pour quelques jours seulement, puis réapparaît encore. Il faut parfois 30 à 40 injections pour que la disparition du sucre soit durable.

b. L'augmentation de la tolérance. Des diabétiques qui ne supportaient pas 40^{g} de glucides sans avoir de glycosurie arrivent à en tolérer 120^{g}.

c. La diminution de la glycémie. Celle-ci n'est pas constante, cependant on a pu constater qu'une glycémie de 2,70 tombait à 1,94.

d. La diminution simple de la glycosurie. Celle-ci n'a de valeur que parce que nos malades étaient à un régime fixe. Il s'agissait de sujets que nous n'avons pu traiter pendant un temps suffisamment long. Il est possible qu'avec un nombre important d'injections, le résultat eût été plus net.

Conclusions. — Dans ces cas de diabète, la solution injectée paraît bien douée d'une influence nette sur la tolérance des glucides; elle l'améliore temporairement; une série d'injections amène la disparition temporaire de la glycosurie. Il suffit de pratiquer à nouveau une ou plusieurs injections pour voir encore le sucre disparaître.

Ce fait, à lui seul, indique que la solution injectée influe sur le métabolisme des glucides pendant un temps qui dépasse 24 heures; il y a là autre chose que l'influence passagère et inconstante de certaines substances chimiques employées dans la cure du diabète, comme l'antipyrine.

Cette action temporaire semble, après une série d'injections, devenir *durable*. Nous avons vu persister cette amélioration chez une malade 2 mois après toute cessation de traitement (la malade a été à ce moment perdue de vue).

On observe, d'autre part, chez certains sujets une baisse de la glycémie et une augmentation de la tolérance.

Nous ne saurions du reste être trop prudents dans nos conclusions; il

s'agit ici de travaux préliminaires. Nous ne parlons que d'améliorations, nous n'allons pas jusqu'à affirmer la guérison définitive; il faudrait une observation prolongée des malades.

Deuxième groupe : résultats négatifs (6 malades). — L'effet thérapeutique a été nul. Nous avons même après 5, 6, 9 injections constaté une aggravation de la glycosurie, une élévation de la glycémie, une augmentation de l'excrétion des corps acétoniques.

Il s'agissait dans tous ces cas de malades atteints de diabète consomptif net; nous ne nous sommes pas cru autorisés à continuer le traitement et à priver les malades d'insuline. Mais nous devons rappeler que chez les sujets du premier groupe, l'injection du médicament a commencé par provoquer une accentuation de la glycosurie et de la glycémie. On est en droit de penser que chez les sujets atteints de forme particulièrement sévère, cette première phase est peut-être plus longue et qu'en continuant le traitement on serait arrivé à un résultat thérapeutique.

Tels sont les premiers résultats cliniques que nous avons pu constater. Ils demandent à être contrôlés; la technique elle-même peut être améliorée, les doses, le nombre d'injections modifiés. Mais, tels qu'ils se présentent, ces résultats nous paraissent particulièrement encourageants. Le médicament semble doué d'une réelle efficacité chez certains diabétiques; aux doses auxquelles nous l'avons expérimenté, il est sans aucun danger. L'absence de résultat thérapeutique dans certains cas ne saurait suffire à enlever au médicament sa valeur, car nous ne saurions oublier que l'insuline elle-même est sans action aucune chez certains diabétiques. Le syndrome diabète est complexe et il est probable que sa physiologie pathologique n'est pas univoque.

La séance est levée à 15^h45^m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 19 juillet 1926.)

Note de M. *H. Deslandres*, Loi de distribution des orages magnétiques terrestres et loi correspondante de répartition des régions actives du Soleil :

Page 166, ligne 7, *au lieu de* Les trois couches sont ainsi, *lire* Les trois couches ont ainsi; ligne 11 du 2e alinéa, *au lieu de* lorsque son poids d'émission, *lire* lorsque son point d'émission.

Page 168, grand tableau, partie gauche, ligne 15, dans les deux dernières colonnes, *au lieu de* 46.9 — 45, *lire* 56.9 — 60.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 AOUT 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

RADIOCHIMIE. — *Parallélisme entre le pouvoir fluorescent et la vitesse de réaction.* Note de M. **Jean Perrin** et Mlle **Choucroun**.

Selon une théorie d'Arrhenius déjà classique (1889) et récemment présentée ([1]), les molécules d'une espèce chimique existent simultanément sous plusieurs formes en équilibre chimique, une forme ordinaire et une forme activée (ou plusieurs) d'énergie interne très supérieure et de concentration excessivement faible. C'est dans l'état activé que la molécule agit chimiquement sur les réactifs convenables (s'il s'en trouve dans le milieu); la vitesse de réaction doit être proportionnelle à la concentration en molécules activées, c'est-à-dire au produit de la *natalité*, en molécules activées, par la *vie moyenne* dans l'état activé ([1]).

D'autre part, une théorie récente ([1]) explique la fluorescence de la façon suivante : par absorption d'un quantum de la lumière excitatrice, certaines molécules passent brusquement dans un état activé, y demeurent un certain temps, puis régénèrent brusquement l'état ordinaire en rendant le quantum absorbé soit sous forme de lumière (et c'est précisément la fluorescence), soit sous forme d'énergie cinétique. La mesure de pouvoir fluorescent en fonction de la concentration montre qu'aux grandes dilutions la réémission avec fluorescence est la règle, mais que, lorsque la concentration grandit, et par suite d'une *induction* entre molécules ordinaire et active, la réémission sous forme cinétique est de plus en plus fré-

---

([1]) Voir, pour le détail de la théorie *Lumière et Réactions chimiques* (Jean Perrin, deuxième Conseil de Chimie-Solvay, avril 1925, p. 322-396, Gauthier-Villars).

quente, et devient la règle aux fortes concentrations, pour lesquelles l'éclat tombe à zéro.

Le parallélisme des deux théories est évident : les molécules activées d'Arrhenius seraient formées par absorption d'un quantum (lumineux ou cinétique) et régénèrent l'état ordinaire avec fluorescence (tombant en général hors des spectres visibles) ou perte d'énergie cinétique.

Il était donc permis de supposer qu'une vitesse de destruction d'un corps fluorescent par un réactif approprié serait proportionnelle à la durée de la vie moyenne dans l'état activé; et que par suite, la probabilité de destruction d'une molécule donnée (ou l'activité chimique) serait plus grande aux fortes dilutions qu'aux faibles dilutions.

C'est bien ce que nous avions constaté sur divers corps, étudiant particulièrement pour les fortes dilutions la destruction par la glycérine, du bleu de méthylène nouveau et du bleu de méthylène. Même pour une masse donnée de matière, la vitesse croissait encore beaucoup avec la dilution alors que le pouvoir fluorescent avait atteint de valeur limite (1).

Ceci avait forcé à supposer qu'une molécule ordinaire, à des distances relativement grandes, pouvait catalyser la régénération d'une molécule activée avec réémission de lumière (c'est-à-dire diminuer la vie moyenne sans faire encore décroître la fluorescence). Et aucune explication n'était trouvée pour cette influence, alors que, compte tenu du principe de correspondance, l'induction électrique ordinaire rend compte de la transformation du quantum en énergie cinétique des molécules qui s'influencent.

Heureusement, et comme on le voit par la Note ci-dessous (p. 357) Mlle Choucroun a reconnu que cette anomalie tenait à l'action de traces d'ions oxhydrile en proportion variable, et que pour une concentration maintenue constante en ces ions, la vitesse de réaction atteignait sa valeur limite beaucoup plus tôt que nous ne l'avions cru.

On a cherché alors, pour le bleu de méthylène, les valeurs du pouvoir fluorescent aux concentrations pour lesquelles on avait mesuré la vitesse de réaction. Et l'on trouve qu'il y a simplement proportionnalité entre l'éclat du corps fluorescent et la vitesse de réaction : passant de la concentration $\frac{1}{200}$ à la concentration $\frac{1}{1800}$ l'éclat est multiplié environ par 10,5 et la vitesse environ par 11.

Du même coup on voit que la loi d'action de masse ne sera sans doute vérifiée que pour des dilutions telles que le pouvoir fluorescent reste sen-

(1) JEAN PERRIN et Mlle CHOUCROUN, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1402.

siblement constant. Pour les concentrations c plus fortes le terme en c qui figure dans la loi d'action de masse devra être remplacé par un terme ce^{-kc} puisque selon la loi quantitative établie par Francis Perrin [1] le pouvoir fluorescent est proportionnel à l'exponentielle e^{-kc}. Les expériences sont poursuivies.

M. **Léon Guillet**, en son nom et en celui de M. **M. Fourment**, fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Métallurgie du plomb, du nickel et du cobalt et alliages de ces métaux.*

M. **Georges Friedel** fait hommage à l'Académie de ses *Leçons de Cristallographie professées à la Faculté des sciences de Strasbourg.*

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Simplification de la méthode de Liouville dans la théorie des fonctions élémentaires.* Note de M. **J.-F. Ritt.**

Liouville, dans une suite de Mémoires fort remarquables, a développé une méthode pour reconnaître la possibilité d'intégrer une équation différentielle en n'employant que des fonctions algébriques, des quadratures et la fonction exponentielle. Il a été suivi, dans ce genre de recherches, par quelques auteurs scandinaves et russes.

Je vais montrer comment, en utilisant une idée extrêmement naturelle, on peut simplifier remarquablement les démonstrations laborieuses de Liouville et de ses successeurs.

Je démontrerai par la nouvelle méthode le théorème classique de Liouville : *Si l'équation*

$$y' + y^2 = P(x), \tag{1}$$

P *étant algébrique, possède une solution élémentaire, elle a nécessairement une solution algébrique.*

---

(1) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1978.

En adoptant la terminologie de Liouville, nous appellerons *monome de première espèce* l'exponentielle ou l'intégrale (non algébrique) d'une fonction algébrique, et *fonction de première espèce* toute combinaison algébrique de monomes de première espèce et de x qui ne se réduit pas à une fonction algébrique. L'exponentielle ou l'intégrale d'une fonction de première espèce sera un monome de deuxième espèce, etc.

Parmi toutes les solutions élémentaires de (1), choisissons-en une dont l'espèce a un indice n minimum, et qui renferme un minimum de monomes de $n^{\text{ième}}$ espèce. Je dis que cette solution est algébrique.

Supposons qu'elle ne le soit pas, et représentons-la par $y = F(x, \theta)$, où θ est un monome de $n^{\text{ième}}$ espèce dont y dépend algébriquement et où F renferme peut-être d'autres monomes, des n premières espèces. En substituant F dans (1), on obtient une relation qui doit subsister identiquement en θ. Autrement, on pourrait exprimer θ algébriquement par les autres monomes, et réduire la complexité de F. C'est là un principe de Liouville.

Or développons F suivant les puissances de θ, autour de $\theta = \infty$. On aura

$$y = F(x, \theta) = \alpha\theta^{p} + \alpha_1\theta^{p_1} + \ldots,$$

où les p sont des nombres rationnels décroissants et où *les α s'expriment algébriquement par x et par les monomes autres que θ qui entrent dans* F. Si θ est une exponentielle, e^{v}, on a

$$y' = (\alpha' + p\alpha v')\theta^{p} + \ldots.$$

Si θ est une intégrale, on a

$$y' = \alpha'\theta^{p} + \ldots.$$

Nous pouvons évidemment nous borner au cas où $P(x)$ n'est pas identiquement nulle. Alors, pour que (1) devienne une identité en θ, il faut que $p \geqq 0$. Puisque $2p$, le premier exposant dans y^2, ne doit par surpasser p, le premier exposant dans y', il faut avoir, quel que soit le type de θ, $p = 0$, $\alpha' + \alpha^2 = p$, c'est-à-dire que α doit être une solution de (1). Or cela est impossible, puisque α est moins complexe que y. Donc y est algébrique.

La supériorité de la nouvelle méthode sur celle de Liouville provient de ce qu'elle utilise plus complètement la circonstance que F dépend algébriquement de θ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application des transcendantes de Fourier-Bessel à plusieurs variables au développement en séries trigonométriques des fonctions conditionnellement périodiques.* Note (¹) de M. **Akimoff**, transmise par M. Paul Appell.

En généralisant la méthode de Weierstrass pour l'inversion d'une intégrale définie dans le domaine réel, M. Staude (²) a été amené à considérer le développement

$$(1)\qquad f(v, v') = \sum_{p,p'=-\infty}^{+\infty} B_{pp'} e^{i(pv+p'v')} = \sum_{m,m'=-\infty}^{+\infty} A_{mm'} e^{i(m\zeta+m'\zeta')},$$

ou

$$(2)\qquad \begin{cases} \rho t + \alpha = \zeta = v - e_1 \sin v - \varepsilon_2 \sin 2v - \ldots - e'_1 \sin v' - e'_2 \sin 2v' - \ldots, \\ \rho' t + \alpha' = \zeta' = v' - \varepsilon_1 \sin v - \varepsilon_2 \sin 2v - \ldots - \varepsilon'_1 \sin v' - \varepsilon'_2 \sin 2v' - \ldots \end{cases}$$

et

$$(3)\qquad A_{mm'} = \frac{1}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} f(v, v')\, e^{-i(m\zeta+m'\zeta')} \left(\frac{\partial \zeta}{\partial v} \frac{\partial \zeta'}{\partial v'} - \frac{\partial \zeta}{\partial v'} \frac{\partial \zeta'}{\partial v} \right) dv\, dv',$$

ρ, α, e_j, e'_j; ρ', α', ε_j, ε'_j ($j = 1, 2, \ldots$) étant des constantes et les conditions bien précises de l'existence et de l'unicité de la solution du système (2) étant supposées remplies.

Par analogie avec le cas classique

$$(e_2 = e_3 = \ldots = e'_1 = e'_2 = \ldots = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \ldots = \varepsilon'_2 = \varepsilon'_3 = \ldots = 0)$$

traité par Cauchy (³) où interviennent les transcendantes de Bessel, on peut exprimer les coefficients $A_{mm'}$ par des séries multiples en

$$B_{pp'} \qquad (p, p' = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots),$$

en introduisant les transcendantes de Bessel généralisées découvertes par M. Appell (⁴).

(¹) Séance du 26 juillet 1926.

(²) *Ueber bedingt periodische Functionen und Anwendungen derselben auf Mechanik* (*Journal für Mathematik*, **105**, 1889, p. 298-328).

(³) *Comptes rendus*, **13**, 1841, p. 850. (*Œuvres*, 1re série, **6**, p. 358.)

(⁴) *Comptes rendus*, **160**, 1915, p. 419.

A cet effet, prenons le développement (¹)

$$(4)\qquad e^{i\sum\limits_{k=1}^{\infty} x^k \sin k\varphi} = \sum_{q=-\infty}^{+\infty} I_q(x_1,\ x_2,\ \ldots)\, e^{iq\varphi}.$$

De (3), en ayant égard à (1), (2) et (4), on **déduit**

$$\begin{aligned}
A_{mm'} = & \sum_{p,p',r,r'=-\infty}^{+\infty} B_{pp'}\, I_r(m'\varepsilon_1,\ m'\varepsilon_2,\ \ldots) \left\{ \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{i\left[(p+r)v - mv + m\sum\limits_{k=1} e_k \sin kv\right]} \frac{\partial\zeta}{\partial v}\, dv \right\} \\
& \times I_{r'}(me'_1,\ me'_2,\ \ldots) \left\{ \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{i\left[(p'+r')v' - m'v' + m'\sum\limits_{k=1}^{\infty} \varepsilon'_k \sin kv'\right]} \frac{\partial\zeta'}{\partial v'}\, dv' \right\} \\
& - \sum_{p,p',s,s'=-\infty}^{+\infty} B_{pp'}\, I_s(me_1,\ me_2,\ \ldots) \left\{ \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{i\left[(p-m-s)v + m'\sum\limits_{k=1}^{\infty} \varepsilon_k \sin kv\right]} \frac{\partial\zeta'}{\partial v}\, dv \right\} \\
& \times I_{s'}(m'\varepsilon'_1,\ m'\varepsilon'_2,\ \ldots) \left\{ \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{i\left[(p'-m'+s')v' + m\sum\limits_{k=1}^{\infty} e'_k \sin kv'\right]} \frac{\partial\zeta}{\partial v'}\, dv' \right\}.
\end{aligned}$$

En effectuant ici l'intégration par parties, on trouve, après une réduction simple, la formule cherchée (²)

$$\begin{aligned}
(5)\qquad A_{mm'} = \sum_{p,p',r,r'=-\infty}^{+\infty} & \frac{pp' + pr' + p'r}{mm'} B_{pp'}\, I_r(m'\varepsilon_1,\ m'\varepsilon_2,\ \ldots)\, I_{m-p-r}(me_1,\ me_2,\ \ldots) \\
& \times I_{r'}(me'_1,\ me'_2,\ \ldots)\, I_{m'-p'-r'}(m'\varepsilon'_1,\ m'\varepsilon'_2,\ \ldots).
\end{aligned}$$

Cette formule générale comprend plusieurs résultats trouvés autrement par d'autres chercheurs. Je me borne à citer les cas particuliers suivants :

1° Pour $e'_1 = e'_2 = \ldots = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \ldots = 0$ dans la formule (5) il faut poser $r = 0$, $r' = 0$, elle se réduit alors à une généralisation immédiate de la formule de Cauchy (³).

2° Pour $e_1 = e_2 = \ldots = e'_1 = e'_2 = \ldots = 0$, il faut poser $m - p - r = 0$, $r' = 0$; la formule (5) se réduit à une généralisation immédiate de la for-

---

(¹) M. Akimoff, *Comptes rendus*, 163, 1916, p. 26. — B. Jekhowsky, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 719.

(²) M. Akimoff, *Sur quelques applications des fonctions de Bessel à plusieurs variables* (*Annales du Laboratoire mathématique de l'Université de Crimée*, 3, 1921, p. 64, en russe).

(³) *Loc. cit.*

mule de Hansen ([1]) et trouve son application dans la méthode de Gyldén ([2]).

3° Pour $e_1 = e_2 = \ldots = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \ldots = 0$ il faut poser $r = 0$, $m - p - r = 0$. La série trigonométrique simple

$$\left(\sum_{p'=-\infty}^{+\infty} B_{pp'} e^{ip'v'}\right) e^{ipv} + \left(\sum_{p'=-\infty}^{+\infty} B_{-pp'} e^{ip'v'}\right) e^{-ipv}$$

se transforme en série trigonométrique simple ([3])

$$\left(\sum_{m'=-\infty}^{+\infty} A_{pm'} e^{im'\xi'}\right) e^{ip\xi} + \left(\sum_{m'=-\infty}^{+\infty} A_{-pm'} e^{im'\xi'}\right) e^{-ip\xi}.$$

4° Si e_j, ε_j; e'_j, ε'_k et $B_{pp'}$ ($j, k = 1, 2, \ldots; p, p' = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$) sont des séries de puissances des deux paramètres ε, ε' qui contiennent comme facteurs respectivement ε^j, ε'^k et $\varepsilon^{|p|}\varepsilon'^{|p'|}$, $A_{mm'}$ est aussi une telle série qui contient comme facteur $\varepsilon^{|m|}\varepsilon'^{|m'|}$ ([4]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'allure des fonctions représentées par les séries de Dirichlet et la croissance des fonctions analytiques autour d'un point singulier.* Note ([5]) de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Hadamard.

Désignons par p_n le $n^{\text{ième}}$ nombre premier ($p_1 = 2$), par K un entier fixe et par $s = \sigma + it$ une variable complexe. Posons

$$(1) \qquad F(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{p_n^{Ks}}.$$

Supposons que cette série de Dirichlet possède un axe de convergence absolue.

Désignons d'autre part par $\varphi(X)$ une fonction holomorphe dans le cercle $\mathcal{C}$ de rayon *un* autour de l'origine.

([1]) H. Poincaré, *Leçons de Mécanique céleste*, 2, 1907, p. 47-48. — M. Akimoff, *Sur les fonctions de Bessel à plusieurs variables et leurs applications en mécanique*, *Thèse* (en russe), Petrograd, 1922, p. 107-115, 121.

([2]) H. Poincaré, *loc. cit.* — M. Akimoff, *loc cit.*

([3]) O. Staude, *Mémoire cité*, p. 317-322.

([4]) J. Horn, *Bewegungen in der Nähe einer stabilen Gleichgewichtslage* (*Journal für Mathematik*, **126**, 1903, p. 204-208).

([5]) Séance du 26 juillet 1926.

Remarquons d'abord que si σ' est une quantité jouissant de la propriété telle que l'on ait $\sum' \frac{|a_n|}{p_n^{K(\sigma'+\varepsilon)}} < 1$ pour ε positif quelconque, alors la fonction en s, $\varphi[F(s)]$ est développable en série de Dirichlet absolument convergente pour $\sigma > \sigma'$. Ceci résulte d'un raisonnement dont se sert M. Landau.

Ceci étant donné nous allons d'abord démontrer le lemme suivant :

Soit $\mathfrak{F}(X) = \sum_{n=1}^{\infty} c_n X^{\mu_n}$ *et* $\mathfrak{G}(X) = \sum_{n=1}^{\infty} d_n X^{\mu'_n}$ *deux fonctions holomorphes dans* $\mathcal{C}$, *telles qu'aucun entier* $\mu_n (n = 1, 2, \ldots)$ *n'est égal à aucun entier* $\mu'_n (n' = 1, 2, \ldots)$. On a

$$(2) \qquad \lim_{\omega=\infty} \frac{1}{\omega} \int_{-\omega}^{+\omega} \mathfrak{F}[F(\sigma_1 + it)]\, \mathfrak{G}[F(\sigma_1 - it)]\, dt = 0,$$

où σ_1 *est un axe pour lequel les deux séries de Dirichlet en* s,

$$\mathfrak{F}[F(s)] = \Sigma q_n e^{-l_n s}, \qquad \mathfrak{G}[F(s)] = \Sigma q'_n e^{-l'_n s}$$

sont absolument convergentes.

Les l_n et les l'_n peuvent être mis sous la forme

$$l_n = K(r_1^{(n)} \log p_{n(1)} + r_2^{(n)} \log p_{n(2)} + \ldots + r_h^{(n)} \log p_{n(h)})$$
$$l'_n = K(r_1'^{(n)} \log p_{n(1)'} + r_2'^{(n)} \log p_{n(2)'} + \ldots + r_{h'}'^{(n)} \log p_{n(h')'}.$$

$$(c) \qquad r_1^{(n)} + \ldots + r_h^{(n)} = \mu_s, \qquad r_1'^{(n)} + \ldots + r_{h'}'^{(n)} = \mu_{s'}.$$

les nombres $n(i)$, $n(j)'$, $r_i^{(n)}$, $r_i'^{(n)}$, s et s' étant entiers.

Étant donné qu'un nombre entier ne peut être décomposé que d'une seule manière, il résulte d'après (c) qu'aucune l_n n'est égale à aucune $l'_{n'}$.

Donc en posant

$$\Sigma q_n e^{-l_n s} = \Sigma Q_\nu e^{-L_\nu s}$$
$$\Sigma q'_n e^{-l'_n s} = \Sigma Q'_\nu e^{-L_\nu s}$$

où L_ν contiennent tous les l_n et l'_n, on a pour tout ν

$$Q_\nu . Q'_\nu = 0.$$

Et la formule (2) en résultera en appliquant la formule connue de M. Hadamard

$$\lim_{\omega=\infty} \frac{1}{2\omega} \int_{-\omega}^{+\omega} \Sigma K_n e^{-\lambda_n(\beta+it)} \Sigma K'_n e^{-\lambda_n(\gamma-it)}\, dt = \Sigma K_n K'_n e^{-\lambda_n(\gamma+\beta)}$$

si $\Sigma |K_n| e^{-\lambda_n \beta}$ et $\Sigma |K'_n| e^{-\lambda_n \gamma}$ sont convergentes.

On peut évidemment poser

$$\mathcal{F}(x) = \mathfrak{I}(x^2) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n x^{2n}, \qquad \mathcal{G}(x) = x.\mathfrak{I}(x^2) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n x^{2n+1}.$$

$\mathfrak{I}(z)$ étant holomorphe dans $\mathcal{C}$ et réelle sur l'axe réel; et d'après (2)

$$(3) \qquad \lim_{\omega=\infty} \frac{1}{\omega} \int_{-\omega}^{+\omega} F(\sigma_1 + it) \left| \mathfrak{I}\{[F(\sigma_1 + it)]^2\} \right|^2 dt = 0,$$

les séries de Dirichlet $F(s)$ et $\mathfrak{I}\{[F(s)]^2\}$ étant absolument convergentes pour $\sigma = \sigma_1$.

Supposons maintenant que l'on a

$$|F(\sigma_1 + it) + 1| > M > 0 \quad \text{et} \quad |F(\sigma_1 + it)| < 1 \quad (-\infty < t < +\infty).$$

Désignons par Γ_ρ un domaine intérieur à $\mathcal{C}$ dont la frontière contienne le point *un*, les points de Γ_ρ tendant uniformément vers *un* quand $\rho \to \rho_0$.

Désignons par $\text{mes}(\rho, \omega, \sigma_1)$ la mesure de l'ensemble $\mathcal{E}_\rho$ des points du segment $\sigma_1 - i\omega$, $\sigma_1 + i\omega$, où la fonction $F(s)$ prend des valeurs x situées dans Γ_ρ. Il résulte de (3) :

Supposons que $\mathfrak{I}(z)$ admet le point d'affixe un *comme seul point singulier sur $\mathcal{C}$ et qu'en désignant par $\mathfrak{M}_\rho$ la borne inférieure de $\mathfrak{I}(x^2)$ quand x est situé dans Γ_φ, on a $\lim_{\rho=\rho_0} \mathfrak{M}^\rho = \infty$; alors*

$$(4) \qquad \text{mes}_{\substack{\omega \to \infty \\ \rho \to \rho_0}}(\rho, \omega, \sigma_1) = O(\omega . \mathfrak{M}_\rho^2).$$

En posant $K = 1$ il résulte de ce fait et de la formule qui fournit l'axe de convergence absolue de la série de Dirichlet que *si l'on a pour* σ_1

$$\limsup_{\substack{\omega \to \infty \\ \rho \to \rho_0}} \frac{\text{mes}(\rho, \omega, \sigma_1)}{\omega . \mathfrak{M}_\rho^2} = \infty,$$

alors

$$\limsup_{m \to \infty} \frac{\log \sum_{n=1}^{m} |\alpha_{\psi(n)} A_n|}{\log m} > \sigma_1.$$

les quantités qui interviennent sont définies de la manière suivante : r étant un entier, décomposons-le en facteurs premiers

$$r = p_{i_1}^{j_1} p_{i_2}^{j_2} \cdots p_{i_k}^{j_k}$$

alors on pose

$$\psi(r) = j_1 + j_2 + \ldots + j_k, \qquad A_r = a_{i_1}^{d_1} a_{i_2}^{d_2} \ldots a_{i_k}^{d_k}.$$

Il suffit de restreindre légèrement les a_n et la croissance des coefficients α_n du développement de $\mathfrak{S}(z)$ pour que l'on ait

$$|\alpha_m| > \log \sum_{n=1}^{m} |\alpha_{\psi(n)} A_n|$$

(ce qui est peu restrictif, étant donné que $r > 2^{\psi(r)}$ pour tout entier r).

On voit dans ce cas qu'en désignant par Ω l'ordre au sens de M. Hadamard de la fonction $\mathfrak{S}(z)$ au point 1, *on a*

$$\Omega - 1 = \limsup_{m=\infty} \frac{|b_m|}{\log m} \geqq \limsup \frac{\log \sum_{1}^{m} |\alpha_{\psi(n)} A_n|}{\log m} > \sigma_1.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs d'une fonction analytique prises sur la circonférence du cercle à rayon unité.* Note de M. **Georges Alexitch**, présentée par M. Émile Borel.

Soit

$$f(\rho e^{i\theta}) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \rho^n e^{in\theta}$$

une fonction analytique à valeurs moyennes bornées à l'intérieur du cercle à rayon limité, c'est-à-dire une fonction analytique soumise à la condition suivante :

$$\int_0^{2\pi} |f(\rho e^{i\theta})| \, d\theta < G \qquad (\rho < 1).$$

Soient

$$Rf(\rho e^{i\theta}) = \sum_{n=0}^{\infty} (a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta) \rho_n; \qquad If(\rho e^{i\theta}) = \sum_{=0}^{\infty} (a_n \sin n\theta - b_n \cos n\theta) \rho^n$$

la partie réelle et la partie imaginaire de la fonction $f(\rho e^{i\theta})$. On a alors

$$(1) \qquad \int_0^{2\pi} |Rf(\rho e^{i\theta})| \, d\theta < H; \qquad \int_0^{2\pi} |If(\rho e^{i\theta}) \, d\theta < H \qquad (\rho < 1),$$

on trouve facilement $|a_n| \leqq H$, $|b_n| \leqq H$, les séries

$$s(\theta) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{a_n}{n} \sin n\theta - \frac{b_n}{n} \cos n\theta \right); \qquad s^*(\theta) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{a_n}{n} \cos n\theta + \frac{b_n}{n} \sin n\theta \right)$$

sont donc des séries de Fourier. Les inégalités (1) et les inégalités relatives aux coefficients a_n et b_n ont en vertu d'un théorème dû à M. Ostrowski [1] la conséquence du fait que $s(\theta)$ et $s^*(\theta)$ représentent toutes deux des fonctions à variation bornée. On sait, d'après un résultat de MM. F. et M. Riesz [2], que les dérivées formelles terme à terme de deux séries de Fourier conjuguées représentant toutes deux des fonctions à variation bornée sont aussi des séries de Fourier. Comme $s(\theta)$ et $s^*(\theta)$ remplissent ces conditions, leurs dérivées formelles, c'est-à-dire $\mathrm{R}f(e^{i\theta})$ et $\mathrm{I}f(e^{i\theta})$, sont des séries de Fourier.

Théorème I. — *Si la fonction analytique $f(\rho e^{i\theta})$ est à valeurs moyennes bornées à l'intérieur du cercle de rayon unité, les séries $\mathrm{R}f(e^{i\theta})$ et $\mathrm{I}f(e^{i\theta})$ sont des séries de Fourier conjuguées.*

On peut étudier, grâce à ce théorème, les fonctions analytiques à valeurs moyennes bornées d'un point de vue très général. On voit immédiatement que les valeurs limites radiales $\lim\limits_{\rho \to 1} f(\rho e^{i\theta})$, étant la somme des moyennes de Poisson de deux séries de Fourier conjuguées, existent presque partout. C'est un fait connu et fondamental. Mais on peut aller encore beaucoup plus loin, parce que $\mathrm{R}f(e^{i\theta})$ et $\mathrm{I}f(e^{i\theta})$ sont, comme séries de Fourier, presque partout sommables par le procédé de Cesàro de tout ordre $\delta > 0$. On peut donc énoncer le théorème que voici :

Théorème II. — *Si $f(\rho e^{i\theta})$ est à valeurs moyennes bornées à l'intérieur, la série de puissances $f(e^{i\theta})$ est sommable sur la circonférence du cercle à rayon unité de tout ordre $\delta > 0$, sauf peut-être un ensemble de mesure nulle.*

Soit maintenant $f(\rho e^{i\theta})$ une fonction à valeurs moyennes bornées et soit encore, pour un certain $p > 0$,

$$\int_0^{2\pi} |\mathrm{R}f(\rho e^{i\theta})|^{1+p}\, d\theta < \mathrm{G}, \qquad \int_0^{2\pi} |\mathrm{I}f(\rho e^{i\theta})|^{1+p}\, d\theta < \mathrm{G}_0^* \qquad (\rho < 1).$$

La première intégrale qui figure dans cette inégalité étant bornée pour tout $\rho < 1$, il s'ensuit, d'après un théorème connu de M. Fatou [3], que les valeurs limites radiales $\lim\limits_{\rho \to 1} |\mathrm{R}f(\rho e^{i\theta})|^{1+p}$ existent et qu'elles sont intégrables et

---

(1) A. Ostrowski, *Acta Univ. Fr. Joseph*, 1, 1923, p. 80-87.

(2) F. et M. Riesz, *Comptes rendus du quatrième Congrès des Mathématiciens scandinaves à Stockholm*, 1916, p. 27-44.

(3) P. Fatou, *Acta math.*, 30, 1906, p. 335-400; voir aussi F. et M. Riesz, *loc. cit.*, et F. Riesz, *Acta Univ. Fr. Joseph*, 1, 1923, p. 88-97.

après un raisonnement facile que $\left|\lim_{\rho \to 1} \mathrm{R} f(\rho e^{i\theta})\right|^{1+p}$ existe et qu'il est intégrable. On a donc

$$(2) \qquad \int_0^{2\pi} \left|\lim_{\rho \to 1} \mathrm{R} f(\rho e^{i\theta})\right|^{1+p} d\theta < \mathrm{M},$$

où M désigne un nombre constant. Mais la série $\mathrm{R} f(e^{i\theta})$ est, en vertu du théorème I, la série de Fourier d'une fonction réelle $\varphi(\theta)$. Les moyennes de Poisson $\lim_{\rho \to 1} \mathrm{R} f(\rho e^{i\theta})$ représentent donc cette fonction $\varphi(\theta)$ presque partout. Il s'ensuit donc, d'après (2),

$$\int_0^{2\pi} |\varphi(\theta)|^{1+p} d\theta < \mathrm{M}.$$

On peut encore appliquer le même raisonnement à la partie imaginaire $\mathrm{I} f(e^{i\theta})$ et l'on obtient le théorème suivant :

Théorème III. — *Si $f(e^{i\theta})$ est à valeurs moyennes bornées et si $|f(\rho e^{i\theta})|^{1+p}$ l'est aussi pour un certain $p > 0$, $\mathrm{R} f(e^{i\theta})$ et $\mathrm{I} f(e^{i\theta})$ sont les séries de Fourier de deux fonctions $\varphi(\theta)$ et $\psi(\theta)$ intégrables en même temps que $|\varphi(\theta)|^{1+p}$ et $|\psi(\theta)|^{1+p}$.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'ordre de la croissance des fonctions.* Note de M. **N. Podtiaguine**, présentée par M. Émile Borel.

Soient $y = y(x)$ et $y_1 = y_1(x)$ des fonctions d'une variable réelle x. Supposons que ces fonctions, étant finies pour toutes valeurs finies de x, tendent vers $+\infty$ avec x et admettent des dérivées *positives* y' et y'_1. Nous dirons avec M. Bortolotti (*Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*, 17, serie 2ª, p. 244-245) que *l'ordre de la croissance* de y par rapport à y_1 est égal à k si la fonction

$$\nu = \frac{y'}{y} : \frac{y'_1}{y_1}$$

tend vers une limite k finie et différente de zéro quand x tend vers l'infini. Nous dirons de même que cet ordre est égal à $\omega^n k$, si toutes les fonctions ν,

$$\nu_1 = \frac{\nu'}{\nu} : \frac{y'_1}{y_1}, \qquad \nu_2 = \frac{\nu'_1}{\nu_1} : \frac{y'_1}{y_1}, \qquad \ldots, \qquad \nu_{n-1} = \frac{\nu'_{n-2}}{\nu_{n-1}} : \frac{y'_1}{y_1}$$

tendent vers $+\infty$ avec x; mais la fonction

$$\nu_n = \frac{\nu'_{n-1}}{\nu_{n-1}} : \frac{y'_1}{y_1}$$

tend vers une limite k finie et différente de zéro lorsque x augmente indéfiniment. Enfin nous dirons que l'ordre de la croissance de y par rapport à y_1 est égal à $k^{-1}\omega^{-n}$ si l'ordre de la croissance de y_1 par rapport à y est égal à $\omega^n k$.

Les fonctions

(1) $$y, \quad \nu, \quad \nu_1, \quad \nu_2, \quad \nu_3, \quad \ldots, \quad \nu_{n-1}, \quad \nu_n$$

ainsi définies possèdent quelques propriétés assez remarquables :

1° *Le rapport de chacune des fonctions (1) à la puissance quelconque de la fonction précédente tend vers zéro quand x tend vers l'infini.*

2° *Chacun des rapports*

$$\frac{\nu\nu_1\nu_2\ldots\nu_n}{y}, \quad \frac{\nu_1\nu_2\nu_3\ldots\nu_n}{\nu}, \quad \frac{\nu_2\nu_3\nu_4\ldots\nu_n}{\nu_1}, \quad \ldots, \quad \frac{\nu_n}{\nu_{n-1}}$$

tend vers zéro quand x tend vers $+\infty$.

3. *Le rapport de chacune des fonctions*

$$y, \quad \nu, \quad \nu_1, \quad \nu_2, \quad \ldots, \quad \nu_{n-2},$$

au logarithme de la fonction précédente croît indéfiniment avec x.

4. *Chacun des rapports*

$$\frac{\nu^a}{\log y}, \quad \frac{\nu_1^a}{\log \nu}, \quad \frac{\nu_2^a}{\log \nu_1}, \quad \ldots, \quad \frac{\nu_n^a}{\log \nu_{n-1}},$$

où a est un nombre quelconque moindre que un, tend vers zéro lorsque x augmente indéfiniment.

5. *Le rapport $\frac{\nu_{n-1}}{\log \nu_{n-2}}$ tend vers k quand x tend vers l'infini.*

6. *Chacune des expressions*

$$\frac{\nu}{\nu_1 \log y}, \quad \frac{\nu_1}{\nu_2 \log \nu}, \quad \frac{\nu_2}{\nu_3 \log \nu_1}, \quad \ldots, \quad \frac{\nu_{n-1}}{\nu_n \log \nu_{n-2}}$$

tend vers l'unité quand x tend vers $+\infty$.

7. *Chacune des expressions*

$$\begin{array}{l} \frac{\log \nu}{\log_2 y}, \quad \frac{\log \nu_1}{\log_2 \nu}, \quad \frac{\log \nu_2}{\log_2 \nu_1}, \quad \ldots, \quad \frac{\log \nu_{n-1}}{\log_2 \nu_{n-2}}, \\ \frac{\log \nu_1}{\log_3 y}, \quad \frac{\log \nu_2}{\log_3 \nu}, \quad \ldots, \quad \frac{\log \nu_{n-1}}{\log_3 \nu_{n-3}}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \frac{\log \nu_{n-2}}{\log_n y}, \quad \frac{\log \nu_{n-1}}{\log_n \nu}, \\ \frac{\log \nu_{n-1}}{\log_{n+1} y} \end{array}$$

tend vers l'unité quand x tend vers $+\infty$.

8. *Chacune des expressions*

$$\frac{\nu_1 \log y}{\nu}, \quad \frac{\nu_2 \log y \log_2 y}{\nu}, \quad \frac{\nu_3 \log y \log_2 y \log_3 y}{\nu}, \quad \ldots, \quad \frac{\nu_n \log y \log_2 y \ldots \log_n y}{\nu},$$

tend vers l'unité quand x tend vers l'infini.

9. *Quelque soit le nombre entier positif p et quelque petit que soit le nombre positif ε, l'expression*

$$\frac{\nu}{\log y \log_2 y \ldots \log_{p-1} y (\log_p y)^{1+\varepsilon}},$$

tend vers zéro quand x tend vers l'infini.

10. *L'ordre de la croissance du logarithme de chacune des fonctions*

$$y, \nu, \nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_{n-2},$$

par rapport à la fonction suivante est égal à l'unité.

11. *L'ordre de la croissance de* $\log_p y$ $(p = 2, 3, \ldots, n)$ *par rapport à la fonction* ν_{p-1} *est égal à l'unité.*

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie de la corrélation.* Note de M. S. A. **Gheorghiu**, présentée par M. Émile Borel.

Étant données deux séries de grandeurs statistiques

$$\text{(S)} \qquad \begin{cases} x_1, x_2, \ldots, x_n, \\ y_1, y_2, \ldots, y_n, \end{cases}$$

et une loi de dépendance

$$\text{(L)} \qquad y = f(x, a_0, a_1, \ldots, a_p),$$

où $a_0, a_1, \ldots, a_p$ sont des constantes arbitraires en nombre inférieur à n; nous appellerons coefficient de corrélation relatif à la loi de dépendance (L) une fonction $r = F(x_1, x_2, \ldots, x_n, y_1, y_2, \ldots, y_n)$ qui remplit les conditions suivantes :

1° La fonction F est homogène et de degré zéro par rapport aux variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ d'un côté et $y_1, y_2, \ldots, y_n$ de l'autre.

2° Pour toute valeur réelle des variables on a

$$-1 \leqq r \leqq 1.$$

De plus, si les x et les y donnés sont tels qu'il est possible de déterminer les constantes $a_0, a_1, \ldots, a_p$ de manière que les égalités

$$\text{(1)} \qquad y_i = f(x_i, a_0, a_1, \ldots, a_p) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

soient vérifiées, on a aussi

$$r^2 = 1.$$

Et, réciproquement.

Soient

$$(2)\quad G_1(x_1, x_2, \ldots, x_n, y_1, y_2, \ldots, y_n) = 0, \qquad G_2 = 0, \qquad \ldots, \qquad G_{n-p-1} = 0$$

les $n-p-1$ relations qui expriment le résultat de l'élimination des constantes $a_0, a_1, \ldots, a_p$ entre les équations du système (1). Pour former le coefficient de corrélation cherché, il suffit de choisir arbitrairement une fonction homogène $H(x_1, x_2, \ldots, x_n, y_1, y_2, \ldots, y_n)$ telle que si l'on a $H = 0$ le système (2) soit vérifié et réciproquement. S'il est possible de mettre H sous la forme

$$H \equiv (M_1N_1 + \ldots + M_qN_q)^2 - (M_1^2 + M_2^2 + \ldots + M_q^2)(N_1^2 + N_2^2 + \ldots + N_q^2)$$

les M et les N étant à leur tour des fonctions homogènes, l'expression

$$\frac{M_1N_1 + M_2N_2 + \ldots + M_qN_q}{\sqrt{M_1^2 + M_2^2 + \ldots + M_q^2}\sqrt{N_1^2 + N_2^2 + \ldots + N_q^2}}$$

est un coefficient de corrélation pour la loi de dépendance donnée.

En particulier, les coefficients de corrélation de MM. March et Pearson sont des coefficients de corrélation pour la loi linéaire

$$f(x, a_0, a_1) \equiv a_0 + a_1 x$$

dans le sens que nous venons d'indiquer.

Parmi les différents coefficients de corrélation relatifs à une même loi de dépendance, les coefficients susceptibles de montrer l'approximation avec laquelle est réalisée la dépendance donnée, entre les grandeurs données, méritent une attention spéciale.

Considérons, pour préciser, le cas particulier où la loi de dépendance (L) a la forme parabolique

$$(P)\qquad f(x, a_0, a_1, \ldots, a_p) \equiv a_0 + a_1 x + \ldots + a_p x^p.$$

Il existe en général un système, et un seul, de valeurs réelles de $a_0, a_1, \ldots, a_p$ qui rendent minimum l'expression

$$E_k = \sum_{i=1}^{n} (y_i - a_0 - a_1 x_i - \ldots - a_p x_i^p)^{2k}$$

k étant un entier positif, arbitraire.

Soit $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_p$ ce système et soient encore $e_{k,p}$ la valeur correspondante de E_k et γ_k la racine réelle de l'équation

$$\sum_{i=1}^{n} (y_i - \gamma_k)^{2k-1} = 0.$$

On peut obtenir, par des éliminations algébriques, la valeur du minimum $e_{k,p}$.

Posons maintenant

$$e_{k,p} = (1 - r_{k,p}^2) \sum_{i=1}^{n} (y_i - \gamma_k)^{2k}.$$

La quantité $r_{k,p}$ est un coefficient de corrélation, relatif à la loi de dépendance parabolique (P). En particulier, le coefficient $r_{1,1}$ n'est autre chose que le coefficient de corrélation de M. Pearson.

La valeur moyenne des expressions

$$y_i - \alpha_0 - \alpha_1 x_i - \ldots - \alpha_p x_i^p \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

est de l'ordre de

$$\varepsilon_{k,p} = \sqrt[2k]{\frac{e_{k,p}}{n}}.$$

Or, s'il est admissible de commettre, dans l'évaluation des y, une erreur relative de l'ordre de $\frac{\varepsilon_{k,p}}{m_y}$, m_y étant la moyenne des y, sans que le phénomène auquel ces quantités se rattachent, en soit modifié, on pourra substituer aux valeurs données des y, les valeurs interpolées suivantes :

$$Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 n_i + \ldots + a_p x_i^p \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

Et l'on pourra ainsi conclure qu'il existe, entre les grandeurs données (S), une dépendance parabolique (P).

Le coefficient de corrélation $r_{k,p}$ jouit des propriétés suivantes :

1° Si l'on a $r_{k,p}^2 = 1$, on a aussi $y_i = Y_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, et réciproquement.

2° Si l'on a $r_{k,p} = 0$, on a aussi $Y_i = \gamma_k$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, et réciproquement.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Actions spéciales du Soleil sur la radioactivité du polonium et du plomb.* Note de M[lle] **St. Maracineanu**, transmise par M. H. Deslandres.

Les expériences poursuivies à l'Observatoire de Meudon sur les modifications que le rayonnement solaire impose à la radioactivité de l'uranium ont déjà fait l'objet d'une Note précédente (1). La Note actuelle expose les effets du même rayonnement sur le polonium et le plomb.

Dans mes recherches sur la variation de la constante du polonium (2) j'ai été conduite à croire que ces variations étaient dues à une cause extérieure et surtout à l'action solaire. Certaines expériences viennent confirmer plus nettement cette supposition.

Si l'on dépose une goutte d'une solution de polonium (polonium pur ne donnant que le rayonnement α) sur une feuille de plomb de $\frac{1}{10}$ de millimètre d'épaisseur et si l'on mesure le courant d'ionisation provoqué par la force opposée à celle qui porte le polonium (toutes les précautions ayant été prises pour arrêter le rayonnement du polonium qui aurait pu s'échapper par les bords de la lamelle), on obtient un faible courant d'ionisation qui augmente chaque jour d'après une courbe régulière.

On sait que $\frac{1}{10}$ de millimètre de plomb arrête tout rayonnement α. Ce courant, le jour même de la déposition du polonium, est de l'ordre de $1,4 \times 10^{-4}$ de la valeur du courant provoqué par celui-ci. Les mesures ont été faites à l'aide de l'électromètre très sensible, système Szilard.

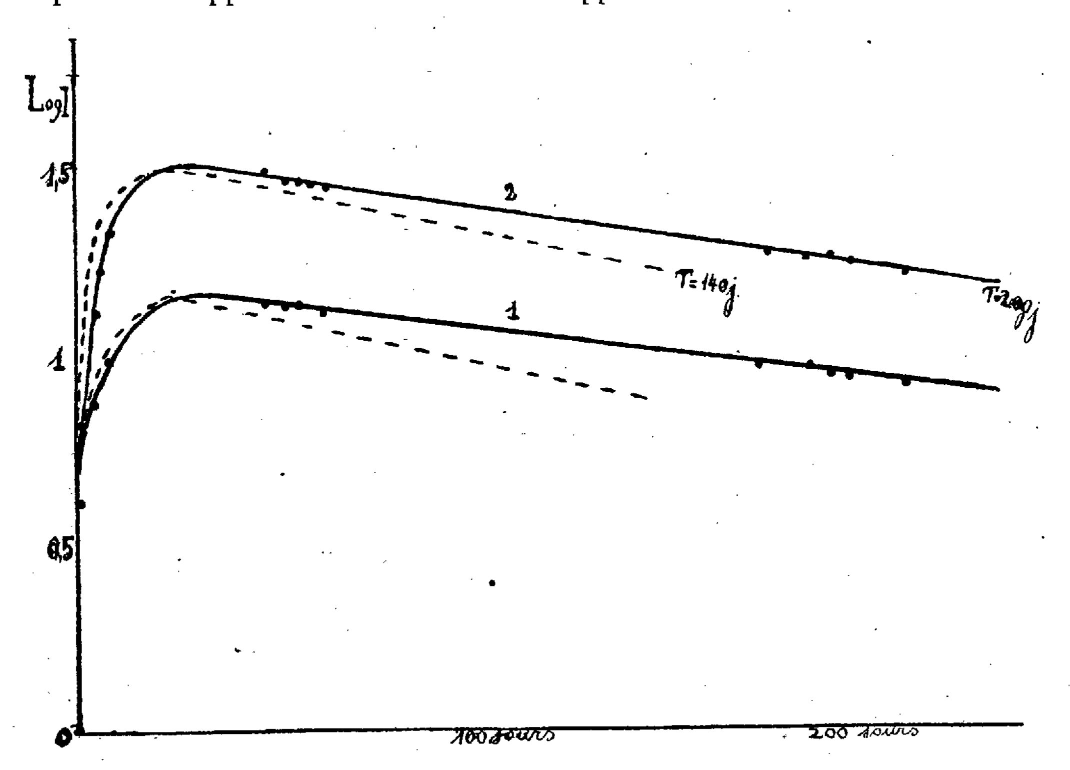
De plus, si la goutte a été séchée au soleil au lieu d'être séchée à l'ombre, le courant d'ionisation obtenu à l'envers, immédiatement après l'exposition, est beaucoup plus fort que dans le cas précédent, atteint 2×10^{-3} de la valeur du polonium et augmente rapidement sans aucune autre cause extérieure, ainsi que l'indiquent les courbes 1 et 2, atteignant 25 jours après environ un maximum dont la valeur est sept fois plus forte que la valeur de l'intensité du courant le lendemain de l'exposition.

On trouve un maximum pour $t = 25$ jours et le même rapport $\frac{I_{max}}{I_{premier\ jour}}$ pour la courbe théorique de la formation du polonium (RaF) à partir du radium E.

(1) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 774.
(2) *Thèse de doctorat*, Paris 1924.

Ces mesures peuvent être faites facilement à l'aide de l'électromètre et du compensateur en quartz Pierre Curie, les valeurs du courant d'ionisation étant assez fortes dans ce cas. Elles ont été exprimées en unités arbitraires gr/sec.

Si les valeurs des gouttes de solution de Po déposées sont dans le rapport $\frac{1}{2}$, les valeurs des courbes obtenues par le courant d'ionisation donné par la face opposée sont dans le même rapport. Cas des courbes 1 et 2.



En même temps de belles scintillations peuvent être observées à l'aide de l'écran au SZn sur le côté opposé au polonium, et cette plage active donne aussi une forte impression photographique.

On aurait pu croire à une pénétration du polonium d'une face à l'autre du plomb; mais dans ce cas on aurait dû avoir une forte perte de polonium à l'intérieur du plomb, ce qui n'a pas été constaté en faisant la somme des intensités sur les deux faces de la lamelle. Au contraire on a plutôt un excès d'activité.

De plus la courbe de croissance du courant d'ionisation donné par la

force opposée ressemble beaucoup à la courbe théorique de la formation du polonium (Ra F), à partir du Ra E : même maximum suivi de la désintégration exponentielle. On voit sur la figure les deux courbes : théorique et expérimentale l'une à côté de l'autre (la courbe théorique en pointillé). L'écart qui existe entre les deux peut être expliqué par l'effet du plomb. Dans les expériences précédentes ([1]) j'avais déjà signalé le fait que le Pb pouvait dans certains cas accuser une légère radioactivité.

Le polonium utilisé ne contenait pas de Ra E et n'avait pas de rayonnement pénétrant et même s'il avait eu des traces de Ra E il n'aurait pas pu se manifester de cette manière. En général et surtout pendant les premiers jours, le rayonnement à l'envers de la lamelle de Pb est moins absorbable que celui du polonium.

Tels sont les faits, intéressants par eux-mêmes; de plus ils semblent indiquer que le rayonnement solaire peut provoquer la réintégration du radium E à partir du radium F (Po), et donc une reversibilité dans la série radioactive. En plus Po qui a été exposé au soleil semble plus brillant à l'écran que celui qui n'a pas été exposé et l'impression photographique beaucoup plus forte et plus unie.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un régulateur de tension et de courant.* Note ([2]) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. G. Ferrié.

Lorsqu'on veut utiliser les secteurs de distribution pour des mesures nécessitant un courant très constant, on peut employer le régulateur au fer. Mais ce dispositif, assez difficile à réaliser et à régler, n'est adapté qu'à la valeur du courant qui le maintient au voisinage immédiat du point de transformation du fer. De plus, on observe que les variations cycliques du voltage aux bornes en fonction de l'intensité sont assez loin de la réversibilité exacte.

J'ai été amené, pour des mesures de conductibilité thermique, et pour l'alimentation par le secteur alternatif du dynamomètre électrométrique imaginé par M. Villey ([3]), à étudier un dispositif facile à réaliser, et qui permet de régulariser, avec une permanence supérieure même à celle des batteries d'accumulateurs, des courants ayant une valeur arbitraire entre

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1925, p. 774.
([2]) Séance du 12 juillet 1926.
([3]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 112.

zéro et le maximum pour lequel on l'a construit. On règle le courant à la valeur arbitraire voulue au moyen d'une résistance extérieure au régulateur.

a. Supposons d'abord la température ambiante invariable.

1° Entre les pôles A et B de la distribution, disposons en parallèle deux circuits identiques ACB, ADB. Le circuit ACB est formé d'un conductenr AC en argent inoxydable; le poids d'argent nécessaire est insignifiant), et d'un conducteur CB en constantan. Dans le circuit ADB, la disposition est inverse, c'est-à-dire que AD est en constantan et DB en argent.

Si le courant vient à augmenter dans ces circuits, la résistance du conducteur en argent augmente par échauffement, mais celle du conducteur en constantan ne change pas. Soient R la résistance de AC et de DB, X la résistance de CB et de AD, I le courant passant dans chacun des deux circuits. La résistance R est une fonction croissante de I qu'on détermine par l'expérience. La différence de potentiel U entre C et D est $(XI - RI)$. Supposons que varie la tension E appliquée entre A et B. La condition $\Delta U = 0$ s'écrit

$$X dI - R dI - I dR = 0,$$

d'où l'on tire

$$X = R + I dR : dI = x(I), \tag{1}$$

et la tension disponible U a pour valeur $I^2 dR : dI$.

J'ai étudié des fils d'argent de $0^{mm},05$ de diamètre. Ils supportent très bien un courant de 1,28 ampères, auquel correspond un rapport X : R égal à 5; la tension disponible U est alors les deux tiers de la tension appliquée E.

2° En reliant aux points C et D les extrémités du circuit d'utilisation, de résistance P, on peut débiter dans celui-ci un courant J. AC et DB sont alors traversés par un courant I qui est fonction de J, mais le calcul montre que, pourvu que P n'éprouve pas de variation, le fonctionnement ne dépend que de l'intensité I, et non pas de la nature du circuit d'utilisation, de sorte que la condition (1) reste valable. Pour chacune des valeurs que l'on veut donner à J, on satisfait à la condition (1) en déplaçant les curseurs qui réalisent les contacts C et D : rien n'est modifié dans les calculs lorsqu'on incorpore ainsi aux branches R des portions en constantan.

Le courant I ayant la valeur 1,28 ampère, si la résistance P est petite devant R, J vaudra environ 0,80 I et 0,60 L, L étant le courant consommé total. P ne doit pas être trop petit si l'on veut éviter un rendement en volts très faible. Si P vaut 2R, le rendement en ampères est 0,40, ainsi que le rendement en volts. Si P vaut R, le rendement en ampères est 0,60, et le rendement en volts 0,25.

La stabilisation est rigoureuse pour la valeur arbitraire J_0 adoptée pour J

(correspondant à une valeur I_0 de I), c'est-à-dire que ΔJ est du second ordre par rapport à ΔE. Si $\Delta E : E$ atteint 0,05 ($\Delta I : I$ vaut alors 0,03), le calcul montre que, quel que soit J_0, $\Delta J : J$ ne dépasse pas 0,001.

Si l'on altère légèrement la résistance P du circuit d'utilisation, on provoque un léger déréglage. $\Delta J : J$ restera cependant encore inférieur à 0,001, quand la tension E éprouvera de petites variations, à condition que la variation relative globale de I, due tant à la variation de P qu'aux petites variations de E à corriger, reste inférieure à 0,03.

3° Le dispositif type indiqué peut être utilisé de bien des façons; on peut même dépasser la compensation, c'est-à-dire obtenir que la tension appliquée croissant, le courant utilisé décroisse. On peut brancher entre C et D un deuxième régulateur de même principe alimentant un circuit d'utilisation, chaque régulateur étant réglé indépendamment pour le courant qui doit le traverser. La variation du courant stabilisé est cette fois du quatrième ordre, et l'on pourrait même continuer dans cette voie; les régulateurs au fer ne peuvent donner aucun effet analogue de multiplication. On peut aussi, sans chercher une régulation rigoureuse, diminuer des variations de tension de grande amplitude.

Ce procédé de régulation ne nécessite l'intervention d'aucune propriété anomale.

4° J'ai étudié aussi un régulateur en fil de nickel (pratiquement inoxydable). Le nickel a, dans le domaine 200°-300°, une anomalie de résistivité qui donne une allure spéciale à la courbe $x(I)$: elle monte d'abord lentement, présente pour une valeur I_1 un maximum accusé, redescend assez brusquement, et possède ensuite un palier assez étendu. Au voisinage de I_1, x est donc stationnaire, la variation de J est du 3e ordre, le réglage est plus rigoureux, et, une fois réalisé pour I_1, il subsiste dans un intervalle plus considérable. $\Delta J : J$ est resté inférieur à 0,001 pour une valeur de $\Delta I : I$ atteignant 0,06. Si l'on utilisait les valeurs de I correspondant au palier de la courbe, le réglage se maintiendrait automatiquement dans une zone beaucoup plus étendue.

b. Si la température ambiante change, la courbe R(I) change. On peut assurer la compensation en réalisant les résistances X partie en constantan, et partie en fil de cuivre assez gros pour n'être pas échauffé par le courant.

c. *Inertie*. — L'inertie propre du fil d'argent est extrêmement faible; mais il a présenté une petite inertie apparente quand je l'ai enfermé dans un tube de laiton pour le soustraire aux courants d'air : c'est que le fonctionnement échauffe le tube. Si l'on enroule sur le tube la résistance de cuivre, le tube et le cuivre seront à la même température, et tout se passera comme si la température ambiante s'élevait lentement : la compensation indiquée au paragraphe *b* subsiste alors.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le contact rectifiant.*
Note de M. **A. Guillet**, présentée par M. A. Cotton.

Il paraît établi aujourd'hui que tout mauvais contact inséré dans un circuit peut détecter lorsqu'on applique à ce circuit une force électromotrice convenable. Un contact rectifiant est donc assimilable à un petit condensateur dissymétrique qui se déchargerait à travers l'isolant lorsqu'une armature, la pointe dans le cas du détecteur à galène, reçoit une charge suffisante d'électricité négative.

Ce point de vue a été adopté par Mlle Collet dans son essai de théorie de la détection [1] et par M. H. Pelabon dans l'explication électrostatique des faits qu'il a observés [2] ; mais ces physiciens n'ayant donné que des indications qualitatives sur le mécanisme probable du phénomène il peut être utile d'appeler l'attention sur quelques faits généraux mesurables propres à faciliter une théorie définitive.

Montrons sur un système plaque-bille, forme de détecteur avec laquelle M. Pélabon a si ingénieusement expérimenté, qu'il est possible d'obtenir un courant même lorsque la sphère est écartée du plan. Si R est le rayon de la sphère et uR la distance de son centre au plan, la distance du point le plus bas de la sphère au plan est $e=(u-1)R$. De la loi de Coulomb et de la définition du conducteur, il résulte d'une part qu'un tel système prend la charge $VR\sum \frac{1}{U_n}$, lorsqu'on établit entre les deux conducteurs une différence de potentiel V [3]; et d'autre part que la distribution de la charge est telle qu'aux points M et M′, où les armatures sont rencontrées par un rayon issu du centre de la sphère faisant un angle θ avec l'axe de symétrie du système, les densités ont pour expression :

$$\sigma_M = \frac{V}{\pi R}\cdot\frac{1}{4}\sum_{p=0}^{p=\infty}\frac{U_{2p}^{(v)}}{\left\{\dfrac{(v-2\cos\theta)H_{2p+1}^{(v)}+2(v\cos\theta-2)}{v^2-4}\right\}^{\frac{3}{2}}};$$

$$\sigma_{M'} = \frac{V}{\pi R}\cdot 2\sum_{0}^{\infty}\frac{U_{2p+1}^{(v)}}{\left\{\dfrac{(v-2\cos\theta)H_{2p}^{(v)}+2(v\cos\theta-2)}{\frac{1}{2}(v-2)(1+\cos\theta)}\right\}^{\frac{3}{2}}}.$$

---

(1) P. Collet, *Annales de Physique*, 9e série, 15, 1921, p. 265.
(2) H. Pélabon, *L'Onde électrique*, 5, avril 1926, p. 141.
(3) A. Guillet et M. Aubert, *Journal de Physique*, 5e série, 2, 1912, p. 990.

A l'aide de ces formules nous pouvons calculer la densité d'énergie $2\pi\sigma^2$ au voisinage de tout point des conducteurs, ou encore la force $2\pi\sigma.\varepsilon$ qui tend à projeter l'électron dans le milieu isolant, mais nous ne connaissons pas la résistance à vaincre. Pour déterminer les valeurs du potentiel V pour lesquelles le système cesse d'être en équilibre et de quelle manière l'électricité s'écoule alors, il est donc nécessaire de recourir à l'expérience. Dans le cas d'une sphère de 7^{mm} de rayon, recevant la charge *négative*, on constate l'apparition d'un premier état dynamique, pour les distances qui correspondent aux valeurs :

$$u = 2,937 \quad 2,672 \quad 2,407 \quad 2,143 \quad 1,871 \quad 1,707$$

lorsque le potentiel atteint les valeurs

$$V_1 = 26,05 \quad 24,31 \quad 22,22 \quad 19,72 \quad 18,02 \quad 16,50 \text{ u. e. s.}$$

Le calcul donne pour la densité σ_M, au point $\theta = 0$, qui correspond à ces divers états du système une valeur très sensiblement constante, et égale à 4 dans le cas présent, soit une force répulsive de $1,2 \times 10^{-8}$ dyne par électron.

Pour

$$u = 2,911 \quad 2,646 \quad 2,379 \quad 2,111 \quad 1,829 \quad 1,651$$

la sphère recevant la charge *positive*, l'état dynamique apparaît pour

$$V'_1 = 34,85 \quad 31,77 \quad 28,74 \quad 25,57 \quad 23,32 \quad 21,63$$

Le rapport des potentiels V'_1 et V_1 qui correspondent à une même distance e, sont dans le rapport des mobilités (air).

Enfin si, pour la distance e^{cm}, le potentiel atteint la valeur $\varphi = 105e$ la décharge devient disruptive; le rapport de la densité polaire au paramètre u est alors constant quelle que soit la distance explosive.

Il est donc certain qu'il y aura détection par le système plan-sphère considéré, si on lui applique une force électromotrice $E = E_0 \sin\omega t$ telle que l'on ait : $V_1 < E_0 < V'_1$, le courant obtenu ayant une intensité variable avec les conditions de l'expérience et un sens constant qui correspond au transport des électrons de la sphère vers le plan. Pour $E_0 \geqq \varphi$, il y aurait décharge disruptive.

Dans le cas de l'air et une épaisseur polaire $e = 1^{\mu}$, $\varphi = 3,15$ volts et $V_1 = 1,44$ volt, si l'on admet que σ conserve, à toute distance, la valeur 4. Sans doute, à d'aussi faibles distances, le degré de poli des surfaces et la nature de l'isolant interposé entre elles doivent jouer un rôle important.

En ce qui concerne le mouvement oscillatoire des particules, invoqué par M. Pélabon comme cause décohérante, il est à observer que s'il est vrai qu'une force attractive $a^2 \sin^2 \omega t$, appliquée à un système réagissant à la déformation par la force $k^2 x$, impose à ce système un mouvement de pulsation 2ω, la force attractive elle-même $f = -\frac{V^2}{2} \sum \frac{d}{du}\left(\frac{1}{U_n}\right)$ doit rester petite, le potentiel V restant plus petit que $\varphi = 105e$ lorsque e tend vers zéro.

Pour étudier un contact au point de vue quantitatif il est commode de tracer les courbes de détection en utilisant une force électromotrice périodique induite dans un transformateur sans fer, disposé pour qu'il soit possible de faire varier avec continuité, et suivant une loi connue, le coefficient d'induction mutuelle M de o à $\pm M_0$. Il importe aussi d'assurer la parfaite stabilité mécanique du contact.

PHYSIQUE. — *Sur le téléphote, appareil de télévision par tubes à vide : Résultats expérimentaux préliminaires*. Note de M. **A. Dauvillier**, transmise par M. M. de Broglie.

Parmi les nombreux systèmes mécaniques de télévision monochrome proposés jusqu'à ce jour, ceux de Mihaly, de Jenkins, de Belin ont récemment permis la transmission d'ombres mobiles fortement contrastées et celui de J.-L. Baird, celle d'une image normale. Ces systèmes ingénieux ne semblent cependant pas susceptibles de résoudre le problème d'une manière générale simple et pratique et il nous a semblé que, seul, un procédé basé sur l'emploi d'un tube de Braun récepteur, *asservi* à un analyseur mécanique de l'image à transmettre, pourrait donner complète satisfaction.

Ce problème comporte, en dernière analyse, trois degrés de liberté : les coordonnées instantanées du spot sélectionné dans l'image plane et son éclat. Nous avons déjà décrit (¹) un procédé consistant essentiellement à analyser l'image réelle à transmettre en y sélectionnant à tout instant un spot de taille invariable dont les coordonnées varient dans son plan selon une loi déterminée et dont l'éclat, traduit photo-électriquement, module électrostatiquement celui du spot cathodique. Le point lumineux est sélectionné par un analyseur mécanique autonome produisant, par induction électro-

(¹) *Brevet français*, n° 592162 du 29 novembre 1923.

magnétique, deux courants de « position » ou de « coordonnées » auxquels le faisceau cathodique est asservi. C'est cette production *directe* de courants de position ayant une loi de variation dans le temps *identique* (¹) à la loi d'exploration qui caractérise l'invention en assurant automatiquement le synchronisme et la mise en phase des deux spots.

Nous avons mis en œuvre ce procédé en analysant l'image selon la double loi harmonique et la technique déjà proposée par Rignoux. A cet effet, deux miroirs plans successifs, oscillant rectangulairement, sont portés par des diapasons insérés sur le trajet du faisceau lumineux issu de l'objectif (²) et tombant sur un écran opaque disposé dans le plan-image. Cet écran est percé d'un orifice définissant la taille du spot sélectionné. L'un des diapasons, de fréquence 10, définit la *continuité* de l'impression visuelle en donnant vingt images complètes par seconde. L'autre, de fréquence 800, définit le *grain* de l'image en constituant celle-ci de 80 lignes jointives (³).

La cellule photo-électrique est assez éloignée du diaphragme pour être largement illuminée par le faisceau transmis. Après divers essais, nous avons adopté une cellule de Kunz à l'hydrure de potassium dans l'argon. L'inertie de réponse due aux capacités est annihilée en la faisant débiter sur une résistance de 40 mégohms. La différence de potentiel photo-électrique produite est amplifiée 10^6 fois au moyen de lampes à double grille, selon le montage indiqué par MM. Ferrié, Jouaust et Mesny. L'amplificateur est à résistances avec liaison par piles. La différence de potentiel produite aux bornes de la résistance de plaque de la dernière lampe impaire est appliquée entre le diaphragme et la cathode de Wehnelt (⁴) du tube de Braun par l'intermédiaire d'un potentiomètre de réglage.

La construction d'un tube sensible à la fois à la modulation photo-élec-

(¹) C'est cette identité nécessaire *sans temps perdu* qui distingue notre procédé de celui de B. Rosing dans la génération inductive des courants de position.

(²) Objectif d'aviation F : 10 appartenant à l'Institut d'optique.

(³) Ces diapasons sont entretenus par des triodes, selon le procédé décrit par M. H. Abraham. Nous avons éprouvé des difficultés à entretenir ainsi le premier et n'avons pu y parvenir que par une double amplification à résistances, avec liaison par condensateurs, de la force électromotrice induite dans la bobine de grille soumise à l'induction de la branche portant le miroir. Ce sont ces tensions sinusoïdales de grille, de l'ordre de quelques volts, qui produisent après correction de phase la déviation électrostatique du ou des faisceaux cathodiques récepteurs.

(⁴) M. G. Valensi avait déjà proposé une modulation de principe analogue mais avec un montage différent.

trique et aux tensions de coordonnées, a présenté de sérieuses difficultés [1]. La modulation est assez sensible pour que l'émission maximum soit contrôlée par une différence de potentiel de l'ordre du volt sans déplacement ni déformation du spot. La liaison entre l'envoyeur — qui affecte la forme d'un gros appareil photographique [2] — et le récepteur, est assurée par 5 fils.

La source lumineuse a consisté jusqu'ici en filaments de lampes, ou en un point sélectionné dans la colonne positive d'un arc au mercure, situés à 7^m de l'objectif. Ces sources modulent bien l'intensité du spot cathodique. Mais aucun objet normalement éclairé de l'extérieur ne diffuse assez de lumière pour impressionner l'appareil et c'est un gain de sensibilité de l'ordre de mille qu'il faudra réaliser pour le rendre pratiquement utilisable.

RADIOCHIMIE. — *Influence de quelques éléments radioactifs sur l'activité catalytique de certains précipités protéo-bismuthiques.* Note [3] de MM. **Eugène Laborde**, **Jean Bressolles** et **Léon Jaloustre**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il nous a paru intéressant d'étudier l'activité catalytique de certains précipités protéo-bismuthiques spéciaux, obtenus à partir d'extrait hépatique de veau, non pas au moyen de solutions bismuthiques ordinaires comme dans les expériences de Maubert, Jaloustre et Lemay [4] mais au moyen de solutions bismuthiques convenablement radioactivées, et qui

(1) Cet appareil est démontable quoique scellé et est construit en pyrex. Il fonctionne sous une pression de l'ordre de la barye maintenue au besoin par un tube à calcium. Les électrodes sont montées sur un pied de lampe unique à 7 traversées. L'écran est de willémite. Des expériences effectuées avec un écran sur métal ont montré qu'un courant de 1 microampère débité sous 300 volts suffisait à produire un spot très brillant. Le faisceau cathodique est accéléré après modulation et avant déviation. L'accélération tentée après déviation n'a pas donné de bons résultats. La finesse du spot (1^{mm^2} pour une plage lumineuse de 1^{dm^2}) est réglée par un champ magnétique coaxial.

(2) Il est à remarquer que l'appareil est autonome, qu'il fonctionne en tout avec quelques accumulateurs et des batteries de piles sèches et qu'il ne met en jeu que des courants « téléphoniques ».

(3) Séance du 26 juillet 1926.

(4) Maubert, Jaloustre et Lemay, *Influence du thorium X sur la catalase du foie* (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1502). — Maubert, Jaloustre, Lemay et Andreoli, *Sur les propriétés catalytiques du bismoxyl* (*ibid.*, 180, 1925, p. 539).

donnent alors naissance à des précipités protéo-bismuthiques radioactifs, jouissant de propriétés particulières suivant la nature et la concentration de l'élément radioactif mis en jeu dans ces préparations.

Des expériences de comparaison ont été faites au moyen d'une solution de tartrobismuthate additionnée d'un nombre de microgrammes de bromure de baryum identique au nombre de microgrammes d'éléments radioactifs successivement utilisés, et ce pour étudier l'influence du baryum, impureté habituelle des sels radioactifs.

On a fait varier successivement :

1° La nature et la concentration de l'élément radioactif dans la préparation du précipité protéo-bismuthique.

2° La proportion de combinaison protéo-bismuthique mise en œuvre dans la réaction catalytique de décomposition de l'eau oxygénée.

Préparation des précipités protéo-bismuthiques. — Nous avons préparé la combinaison protéo-bismuthique selon la méthode de Nicolau (¹) en radioactivant ou non, par divers éléments radioactifs, la solution de tartrobismuthate de potassium et de sodium de Poulenc.

Il se produit une floculation plus ou moins abondante qu'on laisse au repos pendant 24 heures. Le précipité est mis en suspension dans l'eau distillée puis centrifugé. On répète cette opération 10 à 15 fois, jusqu'à ce que l'eau de lavage ne contienne plus ni sel radioactif, ni catalase libres. On s'en assure par des mesures de contrôle.

Les solutions qui ont servi à préparer les divers précipités protéo-bismuthiques ont été faites à quatre concentrations différentes:

Première série : 5^{g} de T. B. (²) et 100^{γ} par litre de sel radioactif (radium ou mésothorium ou thorium X) ou encore bromure de baryum.

Deuxième série : 25^{g} de T. B. et 25^{γ} par litre de sel radioactif ou de baryum.

Troisième série : $12^{g},5$ de T. B. et 5^{γ} par litre de sel radioactif ou de baryum.

Quatrième série : 5^{g} de T. B. et 5^{γ} par litre de sel radioactif ou de baryum.

On a finalement obtenu 20 sortes de composés protéo-bismuthiques, soit pour chacune des quatre séries : 1° simple; 2° radifère; 3° mésothorifère ; 4° thorifère ; 5° barytique.

Les précipités recueillis au paragraphe **1** sont mis en suspension dans de l'eau distillée bouillie : quantité suffisante pour 200^{cm^3}.

a. 100^{cm^3} serviront à préparer le précipité sec en vue de la mesure de l'activité alpha, par rapport à l'oxyde noir d'urane pris pour unité.

b. 100^{cm^3} de cette suspension serviront à étudier l'activité catalytique.

Technique des dosages. — Chacune de ces suspensions sert à préparer trois mélanges dans lesquels on fait varier la quantité de cette suspension relativement au volume total du mélange dans les proportions suivantes :

(¹) NICOLAU, *Thèse de Doctorat de l'Université de Paris*, 1925, p. 12.

(²) T. B., abréviation pour tartrobismuthate de potassium et de sodium.

Eau oxygénée neutre	10^{cm^3}.
Suspension de précipité protéo-bismuthique	1^{cm^3}, $0^{cm^3},75$, $0^{cm^3},50$
Eau distillée	q. s. pour 100^{cm^3}

On prépare en même temps une solution témoin contenant 100^{cm^3} d'eau oxygénée et 90^{cm^3} d'eau distillée.

On pratique sur ces liquides des dosages répétés au permanganate.

Résultats.

	Composé protéo-bismuthique.				
	Simple.	Thorifère.	Méso.	Radifère.	Barytique.
Première série :					
Masses des précipités obtenus pour 100^{cm^3} de mélange	$0^g,05$	$0^g,05$	$0^g,06$	$0^g,06$	"
Radioactivité des précipités	0	3,33	34	16	"
Activité catalytique relative (approximative)	1	1,4	1,3	1,2	0,97
Deuxième série :					
Masses des précipités obtenus pour 100^{cm^3} de mélange	$0^g,115$	$0^g,12$	$0^g,175$	$0^g,11$	"
Radioactivité des précipités	0	0,5	7,05	1,95	"
Activité catalytique	1	1	2,8	1,02	1,7
Troisième série :					
Masses des précipités obtenus pour 100^{cm^3} de mélange	$0^g,18$	$0^g,195$	$0^g,13$	$0^g,19$	"
Radioactivité des précipités	0	0,15	4,1	1,15	"
Activité catalytique	1	3	6,5	7	2
Quatrième série :					
Activité catalytique	1	1,08	1,15	0,81	0,93

Conclusions. — On voit que l'activité catalytique des composés protéo-bismuthiques radioactifs obtenus dépend de la nature de l'élément radioactif qu'ils contiennent et de sa concentration dans le milieu où ils prennent naissance. Le baryum n'est pas sans influence.

Il est possible, au moyen de solutions bismuthiques radioactives, d'obtenir des composés protéo-bismuthiques plus actifs au point de vue catalytique que les précipités simples, en utilisant un élément radioactif convenablement choisi à une concentration convenable.

Il est à prévoir que les autres propriétés des précipités protéo-bismuthiques sont également fonctions des mêmes facteurs, en particulier les propriétés spirillicides : il serait intéressant de le vérifier.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Radiochimie de corps fluorescents.*
Note de Mlle **Choucroun** présentée par M. Jean Perrin.

Certaines matières organiques fluorescentes dissoutes dans un milieu réducteur sont détruites, quand elles sont exposées à la lumière qui les fait luire [1].

Il a été montré [2] que, dans cette réaction photochimique, la vitesse de destruction d'une masse donnée de corps fluorescent n'est pas indépendante de la concentration de ce corps dans le solvant. Cette vitesse qui devrait être constante (ou croître rapidement au cas d'un ordre de réaction supérieur à l'unité), si la loi d'action de masse s'appliquait aux réactions étudiées, décroît rapidement quand la concentration croît.

Ces résultats avaient été trouvés pour le bleu de méthylène nouveau et l'éosine dissous dans la glycérine.

En vue d'établir la loi de variation de la vitesse avec la concentration, des expériences précises ont été reprises avec le bleu de méthylène (BM cristallisé Kahlbaum) dissous dans une glycérine chimiquement pure de viscosité définie.

Les solutions soigneusement privées d'oxygène sont enfermées dans des cuves cylindriques à faces parallèles, de profondeurs variées et telles que la quantité de matière colorante enfermée (et par suite la proportion de lumière absorbée) soit toujours la même, quelle que soit la dilution. Cette matière est dosée au spectrophotomètre avant et après chaque exposition à la lumière. Afin de pouvoir apprécier, dès le début de la réaction, la destruction de faibles quantités de matière, le dosage photométrique se fait au maximum de la bande d'absorption alors que, grâce à des filtres appropriés, on excite avec une lumière faiblement absorbée.

La source de lumière était une lampe Ediswan à plaque incandescente de tungstène donnant pour image une plage éclairante bien homogène et fixe, couvrant complètement la face d'entrée de la cuve. L'éclairement était ainsi bien défini et demeurait sensiblement le même d'une expérience à l'autre.

J'ai ainsi retrouvé que la vitesse initiale de la réaction croît progressivement quand la concentration décroît, prenant par exemple les valeurs

(1) Levaillant, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 398.
(2) Jean Perrin et Mlle Choucroun, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 401.

relatives suivantes :

1 20 160 450 700 1400 3000 3000

pour les concentrations

$\frac{1}{200}$ $\frac{1}{2000}$ $\frac{1}{7500}$ $\frac{1}{15000}$ $\frac{1}{75000}$ $\frac{1}{100000}$ $\frac{1}{150000}$ $\frac{1}{300000}$

Cependant aucune loi ne pouvait être dégagée : je trouvais parfois des résultats différents pour des conditions qui me semblaient identiques. De plus, pour chaque préparation, la vitesse décroissait lentement au cours de la réaction.

En cherchant la cause de ces irrégularités, des résultats nettement aberrants me firent soupçonner la grande influence de traces d'ions H^+ ou OH^- sur la vitesse de la réaction : une solution qui avait pu être au contact d'un verre légèrement alcalin donnait une vitesse de réaction beaucoup plus grande que celles trouvées jusque-là pour cette concentration.

Étudiant alors systématiquement l'action des ions H^+ et OH^-, j'ai en effet trouvé que des traces d'ions H^+ ralentissent la vitesse de réaction et que des traces d'ions OH^- l'accélèrent, par un mécanisme qui reste à comprendre. Ainsi, pour une même concentration en bleu de méthylène, $\frac{1}{15000}$, la vitesse initiale prend les valeurs relatives suivantes :

80 200 500 1600

quand on ajoute en HCl ou NaOH, ce qui donnerait dans de l'eau pure les titres :

$$\text{HCl}\ \frac{N}{1000} \qquad \text{HCl}\ \frac{N}{10000} \qquad \text{neutre} \qquad \text{NaOH}\ \frac{N}{10000}$$

On pouvait dès lors se demander si le ralentissement toujours observé de la vitesse au cours d'une réaction, n'était pas dû à une modification progressive du pH du milieu par les produits de la réaction. Et si d'autre part les irrégularités observées n'étaient dues au fait que le pH des solutions étudiées n'était pas bien défini. Il fallait ajouter au milieu un corps *tampon* qui, sans prendre part à la réaction, maintiendrait un pH constant. Je préparai des solutions de bleu de méthylène dans la glycérine rendue normale en acétate de sodium. Cette fois les irrégularités disparaissent.

La vitesse grandit quand la concentration décroît, mais atteint beaucoup plus tôt sa valeur limite, prenant par exemple les valeurs

150 1600 1500 1900

pour des concentrations en bleu de méthylène

	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{1500}$	$\frac{1}{15000}$	$\frac{1}{150000}$
au lieu des valeurs	1	20	450	3000

qui étaient obtenues sans solution tampon.

Ces résultats permettent de simplifier, comme on verra, la théorie radiochimique ([1]), qu'on avait dû compliquer pour expliquer la variation de vitesse dans les limites de concentration pour lesquelles la fluorescence reste fixe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude thermique de plomb électrolytique. Allotropie du plomb.* Note ([2]) de MM. **A. Travers** et **Houot**, présentée par M. Léon Guillet.

A propos d'un travail sur les alliages d'imprimerie, nous avons été amenés à étudier un plomb électrolytique très pur, et où nous n'avons pu déceler que 0,025 pour 100 Fe, 0,010 pour 100 Cu, 0,005 Mn pour 100 et 0,17 Sn pour 100, le métal ressortant à 99,79 pour 100 ([3]).

L'étude *dilatométrique* d'un tel métal, coulé en coquille, a été faite à l'aide de *l'analyseur thermique* de MM. Chevenard (dispositif des verres, avec un moufle métallique permettant d'assurer l'homogénéité du chauffage).

Nous avons fait les observations suivantes :

1° La baguette de métal (de 5^{mm} de diamètre, 75^{cm} de longueur), que l'on vient de couler, se contracte pendant le chauffage accompagnant l'expérience dilatométrique, comme si le métal coulé avait été trempé. Cette contraction est de l'ordre de 0,15 pour 100.

2° Une baguette de métal coulé en coquille, puis chauffée 24 heures vers 240° et examinée ensuite au dilatomètre, ne présente plus de contraction.

En essayant de tremper ([4]) vers 300°, dans le dilatomètre même, une baguette *ainsi recuite préalablement*, on ne modifie pas le métal : la baguette

---

([1]) Jean Perrin, *Lumière et réactions chimiques* (Deuxième Conseil de Chimie-Solvay, avril 1925, p. 322-396, Gauthier-Villars).

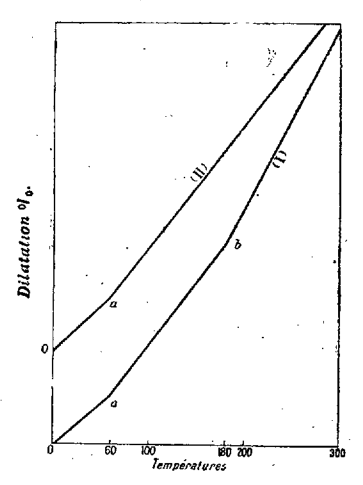
([2]) Séance du 28 juin 1926.

([3]) Ce métal ne renfermait pas traces de Sb.

([4]) On a versé, sur les porte-échantillons en quartz, une saumure refroidie vers — 10°.

ainsi trempée, examinée de nouveau au dilatomètre, ne présente pas de contraction, le stylet inscripteur correspondant à l'échantillon de plomb revient exactement au zéro.

3° On observe, suivant l'histoire thermique du métal, une ou deux brisures de la courbe de dilatation, l'une vers 180° (point *b*), l'autre vers 60° (point *a*) [courbe (I)].



Le plomb brut de coulée examiné au dilatomètre moins de 4 heures après la coulée donne une courbe présentant les deux brisures *a* et *b*.

Si l'examen est fait seulement huit jours après la coulée, seule la brisure *a* à température de 60° persiste [courbe (II)].

Un échantillon brut de coulée, et revenu, pendant 30 heures vers 160° donne aussi une courbe de dilatation présentant une seule brisure *a*, à température de 60° environ.

Au contraire, si le revenu est fait à température supérieure à 180°, (240°), par exemple, on retrouve les deux brisures dans la courbe de dilatation, comme dans le cas du métal brut de coulée.

De tous ces phénomènes nous pouvons tirer une série de conclusions intéressantes :

1° Les échantillons du plomb le plus pur qu'on puisse obtenir renferment encore des impuretés, dont quelques unes, comme Sn, donnent des solutions solides avec le métal pur. Du fait que « le domaine de la solution solide est séparé de celui à deux constituants par une courbe assez accentuée, et que la courbe de séparation des deux domaines est orientée de telle façon qu'on passe par chauffage de la zone à deux phases à celle à une

phase » ([1]), il résulte que le métal trempé n'est formé que d'une phase (solution solide); le revenu précipite le constituant dissous en même temps que l'alliage se contracte.

2° L'existence des brisures dans la courbe de dilatation, c'est-à-dire de changements dans le coefficient de dilatation doit être attribuée à des variétés allotropiques du plomb; Heller et Cohen d'une part ([2]), Jaenecke ([3]) d'autre part ont déjà signalé l'existence de deux variétés de plomb, le point de transformation étant situé entre 50 et 75°. Les deux discontinuités, mises en évidence dans notre diagramme indiquent 3 variétés α, β, γ. La variété γ stable au-dessus de 180° se transformerait déjà à la température ordinaire, plus rapidement par revenu vers 160°. Le plomb ordinaire, coulé depuis un certain temps, serait formé des deux variétés α, β.

Le passage de l'une à l'autre variété se fait sans anomalie de dilatation, il est simplement accompagné d'une variation du coefficient de dilatation : il est possible que les diverses variétés aient des densités très voisines.

La présence simultanée de deux ou plusieurs variétés métastables ne doit pas étonner; pour ne citer qu'un exemple, rappelons que le quartz, la tridymite, la cristobalite coexistent dans les briques de silice.

Ces expériences montrent que la notion de métal pur n'est qu'une extrapolation, et l'on comprend, que les données numériques sur ces métaux dits purs (constantes physiques et mécaniques) ne représentent souvent, suivant l'expression de Cohen ([4]) « que des valeurs fortuites, fonction de la préhistoire thermique des échantillons ».

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouveau procédé général analytique : la centrifugo-volumétrie.* Note de M. **Robert-F. Le Guyon**, présentée par M. G. Urbain.

Il existe un certain nombre de réactions chimiques qui pourraient servir de base à des dosages volumétriques, si l'on connaissait des réactions colorées indiquant le terme de la précipitation. Nous avons pensé remédier à cette absence d'indicateur en employant la centrifugation pour rassembler le pré-

([1]) Léon Guillet, *Rev. Métall.*, Mém., 19, 1922, p. 162.
([2]) *Rev. Métall.*, Mém., 12, 1915, p. 140.
([3]) *Rev. Métall.*, Mém., 17, 1920, p. 107.
([4]) *Rev. Métall.*, Mém., 12, 1915, p. 143.

cipité de telle sorte que, dans le liquide clair, l'absence de précipité dû à une goutte de réactif précipitant indique le terme de la réaction. Nous avons été amené à doser par ce procédé l'ion orthophosphorique, en présence d'acétate de soude, par une solution titrée de nitrate d'argent, et nous avons obtenu des résultats satisfaisants.

C'est ce qui nous a conduit à généraliser cette méthode en signalant, sous le nom de *centrifugo-volumétrie*, sa possibilité d'application à toute réaction chimique totale, consistant, par exemple, en la précipitation quantitative d'un sel par double décomposition entre deux autres sels, pour laquelle il n'existe pas de réaction colorée indiquant le terme de la réaction. La quantité de réactif précipitant employé renseignera sur la quantité de l'élément à doser.

Voici les quelques remarques que nous avons faites et les seules précautions que nous croyons devoir signaler au sujet de la pratique de ce procédé :

a. Mesurer exactement avec une burette de Mohr, ou mieux encore avec une micro-burette contrôlée, la quantité de prise d'essai.

b. Recueillir les liquides à doser dans des tubes centrifugeurs d'un diamètre d'autant plus large que la liqueur est moins diluée. Les tubes doivent, bien entendu, être calibrés au préalable.

c. Verser la solution précipitante en quantité telle que l'on approche, sans le dépasser, du terme de la réaction avant la première centrifugation. Si on le dépasse, on note le volume versé, et l'on recommence en se tenant en dessous de ce chiffre.

d. On a intérêt, surtout au début d'un dosage, ou lorsqu'on ne connaît pas approximativement la quantité à doser, à opérer non plus sur deux essais, mais sur quatre ou six à la fois, en utilisant tous les tubes de la centrifugeuse électrique, type Boulitte. On gagne ainsi un temps assez considérable, car ce qu'il y a de plus long, ce n'est pas la mesure des prises d'essais, ce sont les centrifugations successives.

e. Comme il n'y a pas de transvasement de liquides, on évite les pertes qui peuvent se produire dans les méthodes pondérales.

f. En opérant sur des liqueurs primitivement très étendues, avec des solutions précipitantes $\frac{N}{20}$, $\frac{N}{50}$, $\frac{N}{100}$, et dans des tubes assez étroits pour que l'on perçoive bien la cessation de toute précipitation dans le liquide clair surnageant et où l'on voit la première goutte d'excès tomber en diffusant dans le liquide, on peut obtenir une précision dans les résultats et l'on peut partir d'une quantité de matière première telle que le principe permet d'opérer par de *véritables micro-méthodes*.

En raison de son extrême simplicité, ce principe paraît devoir s'appliquer à un très grand nombre de réactions chimiques, et doit pouvoir rendre de grands services en Chimie analytique, chaque fois que l'on se

trouve en présence d'une réaction directe et totale pour laquelle il n'existe pas d'indicateur coloré ou de réaction de *post-précipitation* permettant de saisir le terme d'une réaction. C'est la combinaison de la centrifugation à la volumétrie, qui nous a fait appeler ce procédé du nom de *centrifugo-volumétrie*.

Notre méthode est de toute évidence un peu plus longue qu'une méthode volumétrique ordinaire, en raison du temps passé aux centrifugations successives. Mais, nous le répétons bien, elle n'est destinée à être employée que dans le cas où la méthode volumétrique n'est pas possible, soit directement en raison de l'absence d'un indicateur coloré, soit par différence, en raison de l'inexistence de réaction chimique permettant de titrer l'excès de réactif précipitant employé. Elle est enfin, sans contestation possible, de beaucoup supérieure en rapidité — et elle n'en exige pas la minutie — aux méthodes gravimétriques.

MINÉRALOGIE. — *Essai de classification des chlorites*. Note de M. **J. Orcel**.

Les idées actuelles sur la constitution chimique des silicates reposent encore sur des bases expérimentales bien fragiles. Il est donc préférable tout d'abord pour les classer de s'appuyer directement sur les résultats analytiques et de ne faire jouer aux théories qu'un rôle secondaire. La comparaison de certains rapports moléculaires caractéristiques permet alors, dans une même famille de silicates, de classer ceux-ci d'après les seules données de l'analyse.

Poursuivant depuis plusieurs années des recherches sur la composition chimique des chlorites j'ai constaté que ce procédé de classification pouvait simplifier beaucoup la nomenclature actuellement très encombrée de cette famille de minéraux, et j'ai été conduit à y envisager deux séries de rapports moléculaires :

1° Les rapports habituels qui permettent d'établir la formule empirique :

$$s = \frac{SiO^2}{R^2O^3}; \qquad r = \frac{RO}{R^2O^3}; \qquad h = \frac{H^2O}{R^2O^3};$$

avec $R^2O^3 = (Al, Fe, Cr)^2O^3$ et $RO = (Fe, Mg, Mn)O$.

2° rapports spécifiques : $f = \frac{FeO}{MgO}$; $a = \frac{Fe^2O^3}{Al^2O^3}$; et accessoirement, dans le cas des chlorites chromifères : $c = \frac{Cr^2O^3}{Al^2O^3}$. Le calcul et la discussion des

analyses de chlorites effectuées jusqu'à présent (200 environ) montre que l'on peut aboutir à une classification simple dans laquelle les relations entre chaque type sont bien mises en évidence par la considération des rapports caractéristiques : s, f, a et c.

Le rapport s varie de 1 à 4,5, la chlorite la plus alumineuse étant l'amésite et les types les moins alumineux et les plus magnésiens étant représentés par les pennines. Ce rapport définit donc le groupe, les trois autres rapports les diverses espèces. On peut alors distinguer les groupes suivants.

I. L'amésite $s=1$. (Chester, Massachusetts).

II. GROUPE DE LA CORUNDOPHYLLITE, $s=1,33$ à 1,66.

1° Type magnésien un peu ferreux (Chester, Massachusetts);

2° Type ferreux (Slobodá Nagoluaya, Russie);

3° Types alumineux et ferriques : *Thuringites* (pro parte).

III. GROUPE DES PROCHLORITES : $s=1,66$ à 2,33.

1° Prochlorites magnésiennes et alumineuses, pour lesquelles les rapports f et a ne dépassent pas 0,05 (ex.: sheridanite, prochlorite d'Aj [Slatoust, Oural], etc.);

2° *Grochauites* ($f=0,1$ à 0,2; $a=0$ à 0,05). Ex.: prochlorites des roches à corindon de la Caroline du Nord, du Transvaal, de Madagascar.

3° *Prochlorites ferromagnésiennes ou ripidolites* ($f=0,2$ à 1,5; $a=0$ à 0,10). Ex : *ripidolites* des fentes des gneiss alpins;

4° *Prochlorites ferreuses* ($f>1,5$; $a=0$ à 0,10). Ex.: *Bavalite*, *daphnite*, *métachlorite*, *aphrosidérites;*

5° *Prochlorites alumino-ferriques* ($f>1$ $d=0,2$ à 1), en même temps riches en fer ferreux. Ex. : *strigovite, delessites* (?), *chloropites* (?), *thuringites;*

6° *Prochlorites ferriques* ($f>2$; $a>1$), *Cronstedtite*, *stilpnochloran.*

IV. GROUPE DES PROCHLORITES-CLINOCHLORES ($s=2,33$ à 2,66.). Ex. : *pycnochlorite.*

V. GROUPE DES CLINOCHLORES ($s=2,66$ à 3,33).

1° Clinochlores magnésiens ($f>0,2$). Ex : Achmatovsk (Oural); Ala; Besafotra (Madagascar);

2° Clinochlores ferromagnésiens (f voisin de 1). Ex. : Westfield, Mass;

3° Clinochlores ferreux ($f>1,5$). *brunsvigite*, *moravite.*

VI. CLINOCHLORES-PENNINES : $s=3,33$ à 3,5. Ex. ; pseudophite de Plaben.

VII. PENNINES : $s=3,5$ à 4,5.

1° Pennines magnésiennes ($a<0,1$ $f>0,2$). Ex. : pennine de Zermatt;

2° Pennines ferromagnésiennes ($a<0,4$; $f=0,2$ à 1), *diabantites;*

3° Pennines alumino-ferriques et ferreuses ($a<2$; $f<1$), *stilpnomélanes;*

4° Pennines ferriques et ferreuses ($a>2$; $f>0,2$) : Certaines analyses de *chalcodites.*

Les types renfermant du chrome se rencontrent dans les groupes pour lesquels le rapport s varie de 2 (prochlorite chromifère de Bagot, Ontario)

à 3,7 (kämmererite du Texas). On peut distinguer parmi eux des types chromifères ($c < 0,10$) et des types chromiques ($c > 0,10$). Les types chromiques n'existent que dans le groupe des clinochlores (kotschubéites) et dans celui des pennines (kämmererites) (¹).

Variation des propriétés optiques. — Dans beaucoup de familles de silicates les propriétés optiques permettent un diagnostic rapide et précis des espèces. Il ne semble pas qu'il en soit ainsi pour les chlorites. En effet, bien que les données numériques ne soient pas encore assez nombreuses pour conclure d'une façon définitive, on peut déjà faire les remarques suivantes : 1° si l'on compare entre elles les espèces possédant la même teneur en fer ferrique et ferreux, les indices changent très peu quand le rapport s augmente. Il en résulte qu'en pratique les diverses espèces ne peuvent être distinguées par les seules propriétés optiques (exemple : chlorites blanches); 2° l'augmentation de la teneur en fer a pour résultat d'accroître les indices, et il semble que dans un même groupe l'augmentation de la biréfringence corresponde à un accroissement de la teneur en fer ferrique (thuringites, delessites), mais de nouvelles données sont encore nécessaires pour confirmer cette observation. A égalité de teneur en fer les indices augmentent, dans un même groupe, avec la teneur en chrome.

GÉOLOGIE. — *Les terrasses alluviales de l'Euphrate et les industries qu'elles contiennent* (²). Note (³) de M. **E. Passemard**, transmise par M. Ch. Depéret.

L'Euphrate est un puissant cours d'eau qui se jette dans le golfe Persique, c'est-à-dire dans l'océan Indien. La partie étudiée est comprise dans les territoires sous mandat français, entre Djérablouse et Abou-Kemal.

Dans cette région il forme une innombrable quantité de méandres, et son cours est voisin d'un profil d'équilibre.

D'après la Mission hydrographique Héraud, il existerait des formations glaciaires dans le voisinage immédiat de l'Euphrate. Je n'en ai pas ren-

---

(¹) Il est à remarquer qu'on n'a pas encore rencontré de prochlorites chromiques ni de chlorites alumineuses renfermant du chrome.

(²) Mission du Ministère de l'Instruction publique pour laquelle l'Académie des Sciences a accordé une subvention sur le legs Loutreuil.

(³) Séance du 26 juillet 1926.

contré, et je suppose qu'elles ont été confondues avec les cailloux roulés qui forment ses bords.

L'examen des rives montre d'abord une large plaine alluviale que domine, la plupart du temps, une falaise gypseuse ou calcaire sur la rive droite et une plaine basse au delà de laquelle il faut aller chercher les premiers reliefs alluviaux, à plusieurs kilomètres sur la rive gauche. Aux environs de Deir-ez-Zor, sur la rive droite, on rencontre un plateau alluvial élevé à 5^{km} du fleuve, tandis que sur la rive gauche, il faut faire 20^{km} dans la plaine désertique de Djezireh pour trouver la réplique.

Le secteur sud de l'Euphrate, dans la région entre Deir-ez-Zor et Abou-Kemal, présente peu de restes continus de formations alluviales; et c'est à partir de Deir-ez-Zor surtout que la piste qui suit le fleuve traverse presque constamment soit la plaine alluviale, soit les terrasses d'altitude différentes sur lesquelles elle s'élève parfois, formations que nous pouvons suivre sur de longues distances, jusqu'à Meskéné. Passé Meskéné, la piste s'éloigne du fleuve, et l'étude des rives devient très difficile.

Si l'on examine de loin la falaise riveraine, on est frappé par ce fait qu'elle présente, presque partout, une surface subhorizontale parfois couronnée par un conglomérat de cailloux roulés. Dépassant cette surface, s'élèvent de petits monticules qui n'ont rien d'alluviaux. Au-dessous, suivant les endroits, et plaqués contre cette falaise, particulièrement dans les anciens méandres concaves, on trouve toute une série de niveaux alluviaux, d'altitude inférieure à celle de la falaise, très fractionnés par l'érosion sous forme de plates-formes assez étendues ou de cônes tronqués qui, vus de loin, forment des surfaces parfaitement continues et horizontales. Au-dessous s'étend la plaine alluviale, généralement assez élevée par rapport au cours actuel, mais qui, cependant, est inondée à l'époque de la fonte des neiges et à la saison des pluies.

L'Euphrate transporte beaucoup plus d'éléments fins que d'éléments volumineux et les alluvions riveraines sont surtout composées de cailloutis médiocres surmontés d'une masse considérable de limon. Au-dessous de la plaine alluviale et recouvert par un épais limon, paraît s'étendre un gros cailloutis assez difficile à voir, mais dont j'ai retrouvé des traces en différents endroits.

Le secteur le plus intéressant sur la rive droite est celui que j'ai étudié le plus; il s'étend de Rakka à Deir ez Zor.

A Sabka, nous trouvons parfaitement visibles et s'échelonnant les uns au-dessus des autres, toute la série de niveaux rencontrés dans l'Europe occidentale.

La plaine alluviale débute à ce point à $3^m,60$ au-dessus du cours d'eau et va buter au pied d'un replat horizontal de $15^m,36$, lequel se trouve placé devant un replat également bien horizontal de $30^m,52$, lequel est placé lui-même devant un autre replat de $56^m,14$ qui s'appuie contre la falaise (qui n'est pas une terrasse) dont l'altitude est de $77^m,13$. Ces mesures ont été prises au tachéomètre par M. Darrous (topographe attaché à la mission) non géologue et exempt de tous préjugés théoriques.

La falaise s'élève par ailleurs, et à Meskéné nous y trouvons à 95^m un conglomérat certainement d'origine alluviale.

Les régions où il est le plus facile d'étudier les terrasses sont celles de Tabous, à 22^{km} de Deir ez Zor, puis vers Madan en passant par Tibni, et jusqu'à Rakka.

La région comprise entre Rakka et Meskéné est moins claire, mais cependant étudiable.

Il résulte donc de ces observations, que les terrasses de l'Euphrate, cours d'eau qui se jette dans le golfe Persique, et par conséquent est tributaire du bassin Indien, ont des altitudes absolument voisines de celles données pour les cours d'eau tributaires du Bassin méditerranéen et atlantique, c'est-à-dire des terrasses classiques de 15, 30, 60 et 100^m.

Ce fait est particulièrement remarquable et entraîne des conséquences importantes pour la théorie de la formation des terrasses.

Il n'a été trouvé dans ces terrasses aucun ossement ni humain ni animal, mais les industries préhistoriques sont abondantes et de types divers. Les premières découvertes d'objets ont été faites à la surface de la plaine alluviale, et sur les plages et les bras morts ou à la surface des îlots exondés à certaines époques, enfin sur et dans les terrasses elles-mêmes.

Outre des objets appartenant au Néolithique (assez rares) il a été trouvé beaucoup de lames pouvant être rapportées au Paléolithique supérieur, et, une abondante moisson de pugiloïdes bifaces, du Paléolithique inférieur.

Le cailloutis de base d'une terrasse de 27^m nous a fourni un coup de poing bien en place, du type biface, lancéolé, à talon réservé, probablement Chelléen supérieur.

La terrasse de 60^m et celle de 100^m n'ont rien donné.

Conclusions. — 1° Il résulte de ces observations que, sur les bords de l'Euphrate, se rencontrent un certain nombre de niveaux alluviaux appartenant à d'anciennes nappes qui s'échelonnent à des altitudes voisines de 15, 30, 60 et 100^m et sont par conséquent comparables à celles décrites par Deperet, Lamothe, Chaput, etc, et par moi-même pour la Nive et le Sébou.

Ce qui est remarquable pour un fleuve qui se jette dans le bassin Indien.

2° Que la terrasse de 30^m (27^m) renfermait un instrument biface de type chelléen.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Premières observations relatives aux parasites atmosphériques en Afrique occidentale.* Note (¹) de M. **Henry Hubert.**

Pour les recherches effectuées à Dakar depuis 1925 sur les parasites atmosphériques on a utilisé un dispositif à cadre identique à celui établi par M. Rothé à Strasbourg (²). Les renseignements généraux acquis jusqu'à ce jour sont les suivants.

Les bruits perçus sont ceux décrits par MM. Rothé (²) et Lacoste (*Thèse de Doctorat*) sous les noms de *décharges*, *craquements* et *claquements*. Les deux derniers, souvent difficiles à séparer à l'oreille et paraissant avoir la même origine, ont été dénombrés ensemble.

Décharges. — Conformément aux observations de M. Rothé, les *décharges* sont en relation directe avec le jaillissement de la foudre. Il apparaît en outre, en Afrique occidentale au moins, que les décharges seules sont dans ce cas.

Pour chaque longueur d'onde, il y a une orientation du cadre, vers l'Est, pour laquelle il y a un maximum de fréquence, et une autre orientation, souvent très comparable, pour laquelle il y a un maximum d'intensité des *décharges*. Sauf le cas d'un orage très proche suivant un azimut très différent de l'Est, ces directions sont également très voisines de celles qu'on observe pour les *claquements* et les *craquements* (voir plus loin).

(¹) Séance du 19 juillet 1926.

(²) Rothé, *L'Onde électrique*, 2, 1923, p. 7. Avec le dispositif employé le champ des investigations porte sur des longueurs d'onde comprises entre 7000 et 22000^m. L'addition d'un bigrille a permis de descendre jusqu'à 200^m. La substitution d'une antenne au cadre en augmentant la portée et en diminuant la sélectivité, permet de capter un bien plus grand nombre de parasites, mais c'est là plutôt un inconvénient, puisque, pour des longueurs d'onde de quelques milliers de mètres seulement, le nombre des parasites perçus devient souvent si considérable qu'il est impossible de les dénombrer.

Pratiquement l'azimut de plus grande fréquence des *décharges* est le même pour toutes les longueurs d'onde, mais il y a une longueur d'onde, variable dans le temps (entre 6000^m et 15000^m) pour laquelle la fréquence est optimum, avec décroissance progressive au-dessus et au-dessous de cette longueur d'onde.

Pendant la période de l'année où la foudre ne jaillit pas, on n'enregistre pas de *décharges*. En hivernage, on ne perçoit celles-ci que s'il y a jaillissement de la foudre dans un rayon inférieur à 300 ou 400^{km}. La fréquence est en relation directe avec celle du jaillissement de la foudre (jusqu'à 30 à la minute). L'audibilité est bien meilleure quand l'orage vient vers l'observateur que lorsqu'il a dépassé celui-ci.

Claquements et craquements. — Ils ont lieu à toute heure et en toute saison. Ils ne sont pas déterminés par le jaillissement de la foudre. De même que pour les décharges, quand celles-ci se manifestent, il y a, pour une période d'observation (quelques minutes), maximum de fréquence pour une certaine orientation du cadre (voisine de l'Est) et pour une longueur d'onde, variable (souvent vers 13000^m), avec décroissance progressive de part et d'autre de cette orientation et de cette longueur (les parasites sont relativement peu nombreux au-dessus de 22000^m et au-dessous de 200, mais il faut aller bien en deçà de ce dernier chiffre pour les éliminer).

L'azimut de plus grande fréquence n'est pas fixe. En général, du matin au soir il se déplace progressivement et d'une faible quantité (exceptionnellement 75°) vers le Nord. Aux environs du coucher du Soleil il se déplace brusquement vers le Sud. Il varie en outre suivant les saisons : il est d'ordinaire voisin de l'Est ou de l'Est-Sud-Est en hivernage (vent à terre SW à W), et de l'Est-Nord-Est en saison sèche (vent à terre N à NE).

En dehors de toute perturbation météorologique, la fréquence des *claquements* et des *craquements* est beaucoup plus grande la nuit que le jour; il y a brusque augmentation à partir du coucher du Soleil et notable diminution à partir des premières heures après minuit. Il est probable qu'il n'y a pas, au sens absolu, augmentation à la tombée de la nuit des parasites produits, mais simplement augmentation des parasites perçus, du fait d'une meilleure audibilité.

Pour les 12 heures d'insolation de chaque jour, la fréquence varie suivant la saison considérée. On a, par exemple, en hivernage, 30 *claquements* à la minute à 8^h, 60 à 14^h, 80 à 17^h; en saison sèche, on en a 40 à 8^h, 55 à 14^h et 45 à 17^h. La fréquence n'est pas modifiée par l'approche des fronts froids ni par les déplacements horizontaux de l'air atmosphérique. Elle

augmente au contraire systématiquement avec les déplacements verticaux, rythmiques ou accidentels, des masses d'air dans les courants aériens.

Les choses se passent comme si les *claquements* et les *craquements* étaient dus à des décharges oscillantes de faible importance, ni lumineuses, ni sonores, se produisant à tout moment — à moins de quelques milliers de mètres d'altitude et à des distances de quelques dizaines de kilomètres au plus des appareils — entre des masses d'air de potentiel très différent amenées au voisinage les unes des autres à la suite de brassages énergiques déterminés surtout par des courants ascendants violents.

CYTOLOGIE. — *Effet du jus embryonnaire hétérogène sur la rapidité d'émigration des cellules et les premiers stades de croissance des cultures de tissus.* Note (¹) de Mlle **Laura Kaufman**, présentée par M. Henneguy.

La croissance du Canard étant beaucoup plus rapide que celle du Poulet, la question se posait de savoir : 1° si cette différence de rapidité se manifeste aussi dans les fragments de tissus de ces Oiseaux, mis en culture *in vitro* et en ce cas; 2° si cette différence est due à la structure morphologique des cellules ou à des substances contenues dans les extraits de tissus.

Des cultures du cœur d'embryon de Poulet de 8 à 9 jours étaient comparées avec des cultures analogues d'embryon de Canard de 11 à 12 jours. Chaque fragment était placé dans une goutte de plasma (de Poule ou de Cane) sur des lamelles en mica et une goutte d'extrait embryonnaire du même Oiseau était ajoutée. Le repiquage était fait après 48 heures et l'accroissement était mesuré 48 heures après chaque repiquage. Le taux d'accroissement était déterminé en divisant la différence des surfaces de la zone d'accroissement et du morceau central par la surface du morceau central.

Le taux d'accroissement du cœur de l'embryon de Poule 48 heures après le premier repiquage était 1,0 à 8,5, celui du Canard 2,5 à 20,7. La différente rapidité de croissance de la Poule et du Canard est donc maintenue dans les fragments de leurs cœurs cultivés *in vitro*.

Comme la rapidité d'accroissement diffère d'une culture à l'autre, je ne comparai que le taux de croissance des morceaux provenant de mêmes cultures, mis en extraits hétérologues.

(¹) Séance du 26 juillet 1926.

	Taux d'accroissement des fragments de cœur de Poulet en présence d'extrait de Poulet.	Canard.
Premier repiquage.........	1,0	2,1
	2,4	2,6
	4,1	6,1
	4,4	7,1
	6,9	11,4
	7,6	12,7
Deuxième repiquage.......	0,7	2,0
	0,8	3,7
	1,0	4,0
	1,3	5,0
	1,6	
	2,7	

	Taux d'accroissement de cœur de Canard en présence d'extrait de Canard.	Poulet.
Premier repiquage.........	2,5	1,0
	2,6	2,0
	3,1	2,0
	6,3	2,8
	6,3	3,8
	7,7	4,7
	11,4	8,3
	20,7	9,4
Deuxième repiquage......	2,1	2,1
	2,1	4,0
	4,6	4,2
	5,4	12,4
	5,8	
	8,1	
	13,3	

Les chiffres précédents semblent indiquer d'une part une certaine augmentation du taux d'accroissement du cœur d'embryon de Poule dans l'extrait embryonnaire du Canard, d'autre part un ralentissement du développement du cœur de Canard dans le jus embryonnaire du Poulet.

Nous avons constaté que les cultures du cœur de Poulet ainsi que de Canard commençaient à pousser après 5 à 6 heures dans l'extrait de Canard, tandis que dans l'extrait de Poulet, ni le cœur du Canard, ni celui du Poulet ne montraient encore d'accroissement. Nous pouvons en conclure

que le jus de Canard stimule l'émigration cellulaire plus fortement que le jus de Poulet.

Les cellules du cœur de Canard sont plus grandes que celles du Poulet. Les recherches préliminaires faites sur des préparations fixées et colorées indiquent que les cellules du Poulet mises en milieu contenant l'extrait de Canard paraissent, sinon plus grandes, tout au moins plus étalées que dans leur milieu homologue.

BIOLOGIE. — *Prolongation de la vie chez les papillons décapités.* Note (¹) de M. **Paul Camboué**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Le fait de la vie se continuant longtemps après l'ablation de la tête chez les insectes est connu et s'explique suffisamment, si je ne me trompe, par la faible importance des ganglions cérébroïdes dans la physiologie de l'animal. D'après MM. A. Conte et C. Vaney (²), des chenilles de *Lymantrya dispar* privées de leur tête ne subirent d'autre trouble, après décapitation, qu'un ralentissement de la locomotion. La chrysalidation eut lieu peu de jours après l'ablation de la tête; les chrysalides restant bien vivantes et manifestant, quand on les excitait, des mouvements brusques de latéralité et de télescopage. Et en opérant artificiellement la mue imaginale par le dépouillement de l'insecte de son enveloppe chrysalidaire, on obtint un papillon acéphale parfaitement vivant ne différant du type normal que par l'absence de la tête. La Note ne dit pas quelle fut la durée de la vie en longévité du papillon acéphale.

La lecture de cette Note et le fait constaté d'une persistance de vie qui me sembla extraordinaire chez un papillon de Madagascar, le *Borocera Madagascariensis*, laissé dans une de mes cages d'études de biologie entomologique après avoir été décapité (afin d'en étudier les antennes), m'amenèrent à faire diverses observations et expériences sur la durée de vie, longévité ou survie de ce papillon après ablation de la tête (³). Je constatai dès lors que cette durée de vie, longévité ou survie, semblait plus grande que chez le papillon normal.

(¹) Séance du 26 juillet 1926.

(²) Cf. *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 404-406.

(³) L'ablation de la tête doit être opérée de sorte qu'il ne se produise pas d'hémorragie (épanchement d'hémolympie).

Je fis part à M. E. Gley du résultat de quelques-unes de mes expériences et observations et il me conseilla de multiplier et de répéter mes expériences, et d'observer, s'il était possible, d'autres insectes.

Conformément à ce conseil, des expériences et observations multiples et faites sur un autre insecte lépidoptère de Madagascar, l'*Antheræa Suraka*, me donnèrent les résultats ci-relevés :

I. — *Borocera Madagascariensis* : 24 observations.

	Moyenne de vie (en jours).	Maximum de vie (en jours).
1° *a*. Papillon ♂ (type normal non décapité)....	7 env.	10 env.
b. Papillon ♂ (décapité)..................	13	18
2° *a*. Papillon ♀ (type normal non décapité)....	7	11
b. Papillon ♀ (décapité)..................	10	16

II. — *Antheræa Suraka* : 60 observations.

	Moyenne de vie (en jours).	Maximum de vie (en jours).
1° *a*. Papillon ♂ (type normal non décapité)....	10 env.	13 env.
b. Papillon ♂ (décapité)..................	15	30
2° *a*. Papillon ♀ (type normal non décapité)....	9	12
b. Papillon ♀ (décapité)..................	15	34

Les individus étaient décapités avant ou après l'accouplement. Pour expliquer ce phénomène M. E. Gley verrait qu'une supposition : « ralentissement ou diminution de tous les échanges (du métabolisme général) après la décapitation; et, partant, une moindre usure ». Cette moindre usure je l'ai d'ailleurs constatée dans mes cages d'études chez le papillon du *Borocera Madagascariensis* et chez celui de l'*Antheræa Suraka*, surtout chez ce dernier et plus particulièrement chez le papillon ♂.

Quoi qu'il en soit, il semble bien résulter de mes observations et expériences sur ces deux papillons de Madagascar que la décapitation ou ablation de la tête, et partant le défaut d'intégrité des centres nerveux céphaliques, bien loin d'abréger la durée de la vie, longévité ou survie chez l'insecte décapité, la prolonge au contraire et la fait plus durable que chez l'insecte de type normal.

PSYCHOLOGIE ANIMALE. — *Faits psychiques insolites et frappants manifestés par une série d'araignées du genre* Epeire diadème, *pour tendre leurs toiles dans le plan vertical.* Note (1) de M. **Baptiste Roussy**, présentée par M. d'Arsonval.

En septembre et octobre 1921 et 1922, j'ai eu l'occasion d'observer longuement une trentaine d'*Epeires diadèmes* (Linné) dans la construction de leurs toiles. Un tiers de ces araignées, qui habitaient la même partie d'un grand jardin, ont inventé un procédé étonnant, pour tendre leurs toiles dans le plan vertical, au moyen d'une sorte de fil à plomb, qu'elles raccourcissaient ensuite de plusieurs façons.

Les figures ci-après représentent quelques-unes de ces façons.

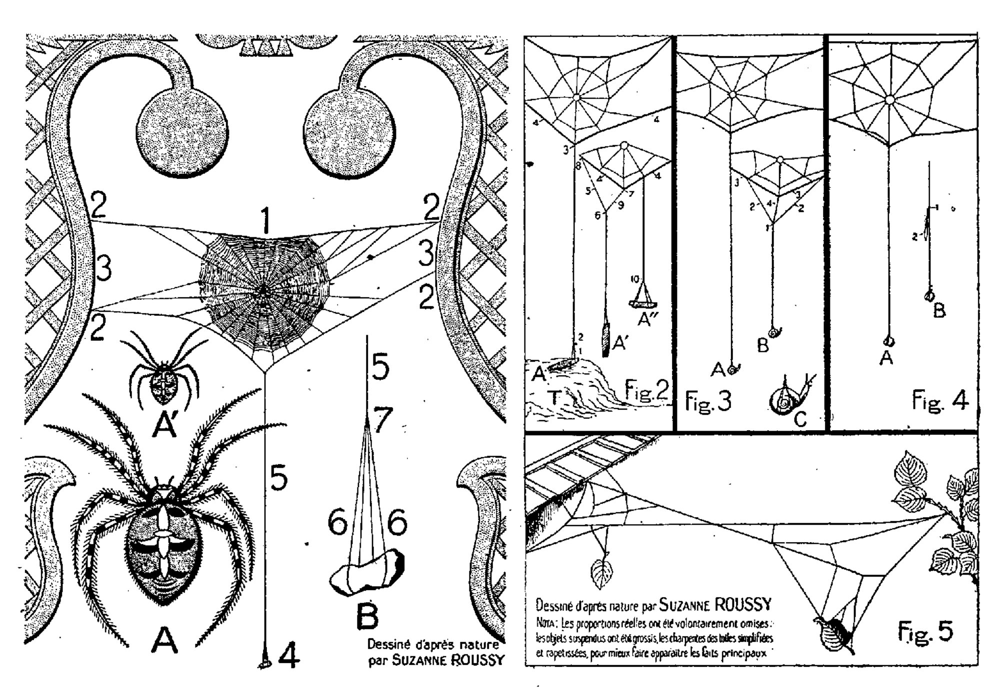


Fig. 1. — Toile tissée au milieu de l'entrée en bois ornementé d'une loge de jardin et tendue par un fil à plomb, dans le plan vertical.

Fig. 2, 3, 4 et 5. — Quatre variétés de construction et de raccourcissement du fil à plomb inventées par quatre épeires, pour tendre leurs toiles dans le plan vertical.

(1) Séance du 19 juillet 1926.

Figure 1. — La toile (1), presque circulaire, avait 15^{cm} de hauteur et 17^{cm} de largeur. Elle comprenait 49 spires polygonées. Sa charpente était attachée, par les quatre extrémités des câbles (2), sur les côtés en bois ornementé (3-3), formant l'entrée de la loge.

Un fil à plomb (5), dont le poids lourd (4) était un gravier de 11^{mm} de long, de 6^{mm} de large et de 4^{mm} d'épaisseur, pesant 27^{cg}, était couché horizontalement et bien équilibré sur deux sortes d'étriers (6-6) soudés au point (7) du fil (5), long de 50^{cm}, ainsi que le représente la figure B, légèrement amplifiée. Quand je la découvris, cette araignée, A, avait monté ce gravier à 99^{cm} du sol. Elle se tenait presque constamment sur son aire. Après une longue observation à l'œil nu et avec une forte loupe, je la captai dans un petit flacon préalablement taré sur la balance de précision d'un pharmacien voisin. *Elle pesait* 5^{cg}. Après examen et description, je la conservai dans l'alcool.

Une autre araignée voisine, en tout semblable à la précédente, avait aussi tendu sa toile par un fil à plomb lesté avec une pierre de 39^{cg}, couchée sur un double étrier et située à 25^{cm} du sol.

Je surélevai alors cette pierre de 10^{cm}, au moyen d'un petit support; la toile se détendit, l'araignée sortit immédiatement de son aire, parut explorer sa toile avec inquiétude, en différents sens, puis se dirigea vers le fil à plomb détendu, à côté duquel elle descendit, tête en bas, au moyen d'un nouveau fil sorti de sa filière, jusqu'au niveau de la pierre, comme si elle voulait se rendre compte. Un instant après, elle grimpa sur ce nouveau fil en le pelotonnant, et retourna se placer *sur son aire d'observation*.

Plus tard, je vis qu'elle avait raccourci son fil à plomb, en posant un nouveau fil semblable au fil 5 (*fig.* 2) et 2 (*fig.* 3). La pierre avait été ainsi surélevée au-dessus du support. Elle était librement suspendue dans l'air et tendait parfaitement, de nouveau, sa toile.

Figure 2. — A. *Première position* d'un fragment de bois sec de 50^{mm} de long et 4^{mm} de diamètre, dont l'extrémité droite est légèrement soulevée sur un étrier simple (1) attaché au point (2) du fil (3). L'extrémité gauche n'a aucune adhérence sur le tas T de détritus.

A'. *Deuxième position* du fragment soulevé dans l'air, par le raccourcissement du fil à plomb (9), obtenu en fixant l'extrémité inférieure d'un nouveau fil (5) au point (6) du fil à plomb (9) et son extrémité supérieure au point (8) du câble inférieur (4) de la charpente de la toile.

A''. *Troisième position* du fragment de bois reposant sur un *double étrier*, dont les extrémités sont fixées au point (10) du fil à plomb.

Figure 3. — Fil à plomb lesté par un escargot vivant (A), gros comme un grain de maïs, bien équilibré et encore fixé sur un *double étrier*, plus visible sur l'escargot C, grossi. — B. Escargot soulevé haut dans l'air, par le raccourcissement du fil à plomb, obtenu au moyen de *deux* nouveaux fils (2-2), dont les deux extrémités inférieures sont collées au point (1) du fil à plomb et les deux extrémités supérieures sur le câble inférieur (3-3) de la charpente de la toile. Ce raccourcissement a eu, pour conséquence, de faire onduler et flotter la partie (4) du fil à plomb, rendue inutile.

Figure 4. — Fil à plomb lesté par un gravier (A) tenu entre *deux étriers* écartés. — B. Fil à plomb raccourci par la formation d'une sorte de boucle (2), qui flotte librement. Cette boucle a été obtenue par un procédé nouveau, qui consiste à remonter la partie inférieure du fil à plomb et à la nouer au point (1) de la partie supérieure.

Figure 5. — Deux feuilles accrochées sur le câble inférieur de la charpente d'une toile d'araignée.

On ne peut s'empêcher de considérer ces faits comme *conscients et raisonnés, calculés et voulus*, et non comme de pures manifestations mécaniques et aveugles de l'instinct animal habituel.

PHARMACODYNAMIE. — *Recherches sur la composition de la scille et son principe tonicardiaque.* Note (¹) de MM. F. **Henrijean** et **W. Kopaczewski**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons étudié les propriétés du principe actif de la scille, isolé en 1914 par l'un de nous (²).

Propriétés physiques. — C'est une poudre à l'aspect brillant, jaune, très hygroscopique; elle est soluble dans l'eau à raison de 4 pour 100 environ; les solutions aqueuses sont légèrement amères, mais fortement âcres; la poudre est insoluble dans l'alcool et dans l'éther; son poids moléculaire, établi par la cryométrie, est 352,2 (variation de 15,0 d'une détermination à l'autre).

Propriétés chimiques. — L'analyse qualitative démontre que notre substance est un composé ternaire : l'analyse élémentaire donne les chiffres

(¹) Séance du 28 juin 1926.

(²) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1520; J. Danysz et W. Kopaczewski, *Soc. Biol.*, 77, 1914, p. 59; W. Kopaczewski, *Biochem. Zeit.*, 66, 1914, p. 501.

suivants : $C = 42,40$, $H = 6,32$ et $O = 51,28$. Étant donné le poids moléculaire 352, ces résultats correspondent à la formule globale $C^{11}H^{22}O^{11}$.

Les solutions aqueuses de la substance étudiée réduisent à peine la liqueur de Fehling, après quelques minutes d'ébullition; le produit d'hydrolyse n'est pas du glucose.

Propriétés physiologiques. — Voici les doses toxiques :

	Par kilogramme d'animal.
Rat	0,175 à 0,280
Lapin	0,480 à 0,700
Chien	0,180 à 0,260

A l'autopsie des animaux intoxiqués on trouve : poumon affaissé, congestionné à sa base, flasque et sans crépitations; cœur arrêté en systole; sang liquide dans l'aorte; foie très hypérémié et congestionné; rate énorme; vésicule biliaire distendue; tous les organes abdominaux très hypérémiés.

Nous avons étudié l'action de cette substance sur l'électrocardiogramme et sur la pression artérielle.

Après injection intraveineuse d'une dose de $0^g,0066$ par kilogramme de chien, en solution dans le liquide de Ringer, le pouls, tout d'abord irrégulier au kymographe chez le chien en expérience, et dont l'irrégularité ne se traduit pas sur l'électrocardiogramme, se ralentit fortement, tout en se régularisant; en même temps, la pression artérielle augmente. L'électrocardiogramme à type auriculaire se transforme, quand le pouls est ralenti, en électrocardiogramme du type ventriculaire; puis le pouls s'accélère, mais l'électrocardiogramme conserve toujours le type ventriculaire qui persiste dans les périodes ultérieures; l'onde R alors présente des dédoublements.

Les faits expérimentaux cités autorisent les conclusions suivantes :

Le corps isolé de la scille, correspondant à la formule $C^{11}H^{22}O^{11}$, *appartient par ses propriétés physiologiques au groupe des médicaments cardiaques typiques et semble représenter le principe actif de cette plante, chimiquement caractérisé et physiologiquement contrôlé* [1].

---

(1) Depuis la publication de nos premiers travaux on a signalé la possibilité d'obtenir un principe actif de la scille à l'état cristallisé. Mais aucun travail expérimental n'a été publié à ce sujet; la consultation des brevets suisses et allemands, déposés mais pas encore délivrés permet de se rendre compte qu'il s'agit de préparation d'un corps cristallisé, obtenu par l'hydrolyse du principe actif qui, lui, est amorphe. Nous sommes donc en droit de considérer jusqu'à nouvel ordre notre substance comme une véritable individualité chimique.

M. **Horace Havre** adresse une Note intitulée : *Explication de certains phénomènes géologiques par la désintégration atomique.*

M. **Gleb Wataghin** adresse une Note *Sur les expériences de Fizeau et de Zeeman.*

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 29 mars 1926.)

Note de MM. *C. Rouppert* et *H. Jedrzejowski*, Sur l'action du rayonnement des corps radioactifs sur les perlules végétales :

Page 864, ligne 11, *au lieu de* protoplastes animaux, *lire* protoplastes des semences et levures.

Page 864, ligne 12, *au lieu de* les tissus végétaux, *lire* les autres tissus végétaux.

Page 865, ligne 12, *au lieu de* durant 18 heures, *lire* durant 8 heures.

(Séance du 7 juin 1926.)

Note de Mlle *N. Bary* et M. *D. Menchoff*, Sur l'intégrale de Lebesgue-Stieltjes et les fonctions absolument continues de fonctions absolument continues :

Page 1374, 14e et 15e lignes, rétablir la phrase ainsi : Mais dans le cas remarquable d'une fonction de la forme $f[\varphi(x)]$, où les extrêmes de $\varphi(x)$ sont aux bornes de l'intervalle (a, b), on a le

(Séance du 21 juin 1926.)

Note de M. *Henri Bénard*, Sur l'inexactitude, pour les liquides réels, des lois théoriques de Kármán relatives à la stabilité des tourbillons alternés :

Page 1524, ligne 4, *au lieu de* $\frac{e}{h}$, *lire* $\frac{h}{e}$; ligne 7 en remontant, dernière colonne, *au lieu de* 0,131, *lire* 0,136.

(Séance du 5 juillet 1926.)

Note de M. *D. P. Konovalov*, Sur les chaleurs de combustion de quelques hydrocarbures :

Page 41, ligne 3 en remontant, *au lieu de* Berthelot et Maller ont trouvé $Q = 507,0$, *lire* Berthelot et Matignon.

(Séance du 19 juillet 1926.)

Note de M. *Farid Boulad Bey*, Sur le calcul d'une poutre continue de forme quelconque lorsqu'on donne ses déformations élastiques verticales :

Page 187, 3e ligne en remontant, *au lieu de*

$$S_{r-1} = \frac{1}{l_{r+1}}, \qquad S_r = -\left(\frac{1}{l_r} + \frac{1}{l_{r+1}}\right), \qquad S_{r+1} = \frac{1}{l_r},$$

lire

$$S_{r-1} = \frac{1}{l_r}, \qquad S_r = -\left(\frac{1}{l_r} + \frac{1}{l_{r+1}}\right), \qquad S_{r+1} = \frac{1}{l_{r+1}}.$$

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1926 (*suite et fin*).

Afrique équatoriale française. Colonie du Tchad, carte dressée par Alexandre Meunier. Paris, Union graphique; 1 planche 95 × 75.

A Bibliography of Indian Geology. Part IV, *Palaeontological Index*, compiled by T. H. D. La Touche. Calcutta, Government of India, 1926; 1 vol. 27cm.

The Small Fruits of New-York, par U. P. Hedrick. Albany, J. B. Lyon, 1925; 1 vol. 31cm.

Les réserves d'énergie, par F. Rigaud. Paris, Gauthier-Villars et Cie; Masson et Cie, 1926; 1 vol. 19cm,5.

Les Mollusques d'eau douce, par E. Chemin. Paris, Paul Lechevalier, 1926; 1 vol. 20cm,5. (Présenté par M. Louis Joubin.)

Mémorial des sciences mathématiques. Fasc. XIV : *Théorie des champs gravifiques*, par Th. De Donder, Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 fasc. 25cm,5. (Présenté par M. G. Kœnigs.)

Compagnie de Fives-Lille. Utilisation technique des recherches récentes sur la vapeur d'eau. Paris, Maretheux, 1926; 1 vol. 24cm, 5. (Présenté par M. G. Kœnigs).

La Società italiana delle scienze detta dei XL. Il suo passato ed il suo avvenire, par Emanuele Paternò. Roma, Giovanni Bardi, 1926; 1 fasc. 30cm, 5.

L'Ochématique (le calcul vectoriel), ses applications géométriques et ses rapports avec le calcul différentiel absolu, par Axel Egnell. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. 25cm,5.

Atlas de spectres d'arc, par Jacques Bardet. Paris, Gaston Doin et Cie, 1926; 1 vol. 24cm,5 et 1 recueil de planches, 26cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 AOUT 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, par suite du caractère férié attribué au lundi 16 août de cette année par la loi du 23 décembre 1904, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 17 août.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les minima des formes quadratiques.* Note de M. **Jacques Chapelon**, transmise par M. G. Kœnigs.

Considérons une forme quadratique à coefficients entiers,

$$ax^2 + 2bxy + cy^2,$$

de déterminant négatif et de l'ordre propre. Il existe entre les minima de cette forme diverses relations dont quelques-unes, dans le cas d'un déterminant congru à 1 (mod 4), ont été données jadis sans démonstration par Liouville et établies plus récemment par G. Humbert. Je me suis proposé de rechercher des relations analogues dans le cas d'un déterminant multiple de 4.

Si l'on appelle F(N) le nombre des classes de l'ordre propre et de discriminant N, en comptant pour $\frac{1}{2}$ la classe $a(x^2 + y^2)$, on connaît la relation classique

$$F(4N) = 2F(N).$$

Cette équation est liée à une correspondance [1] entre les classes de

---

[1] Cf. les travaux de Lipschitz et H. S. Smith.

discriminant N et celles de discriminant 4N. Voici la définition de cette correspondance : soient μ_1, μ_2 ($\mu_1 \leqq \mu_2$) les deux premiers minima impairs; μ le minimum pair d'une classe de discriminant 4N, μ'_1, μ'_2, μ' les minima analogues d'une classe correspondante de discriminant N. On a

$$\mu_1 = \mu'_i,$$
$$\mu_2 = 2\mu' - \mu'_i + 2\mu'_k,$$
$$\mu = 2(\mu'_k + \mu') - 2\,|\,\mu'_k - \mu'\,|,$$

i, k, prenant les valeurs 1, 2 ou 2, 1, de sorte qu'à un système μ'_1, μ'_2, μ' correspondent bien deux systèmes μ_1, μ_2, μ, donc deux classes.

On en déduit les relations suivantes :

$$\Sigma\mu_1^\lambda = \Sigma\mu_1'^\lambda + \Sigma\mu_2'^\lambda,$$
$$\Sigma\mu_2^\lambda = \Sigma(2\mu' - \mu'_1 + 2\mu'_2)^\lambda + \Sigma(2\mu' - \mu'_2 + 2\mu'_1)^\lambda,$$
$$\Sigma(\mu_1 + \mu_2 - \mu)^\lambda = \Sigma[2\,|\,\mu'_2 - \mu'\,|]^\lambda \quad + \Sigma[2\,|\,\mu'_1 - \mu'\,|]^\lambda,$$

où les sommes des premiers membres sont étendues aux minima des classes propres de discriminant 4N et celles du second membre aux minima analogues pour le discriminant N ; λ est quelconque.

Par exemple, pour $\lambda = 1$,

$$\Sigma(\mu_2 - \mu_1) = 4\,\Sigma\mu' ;$$

pour $\lambda = 2$,

$$\Sigma\mu_1\mu_2 = 4\,\mathrm{N}\,\mathrm{F}(\mathrm{N}) + \Sigma(\mu'^2 + 2\mu'_1\mu'_2).$$

Dans le cas d'un discriminant 4N + 1 (ou 4N + 2), il existe une correspondance entre deux classes de minima μ_1, μ_2, μ; μ'_1, μ'_2, μ'. Elle est exprimée par les relations

$$2\mu'_1 = \mu,$$
$$2\mu'_2 - \mu' = 2\mu_2 - \mu,$$
$$\mu' = 2\mu_1,$$

d'où résultent, entre les sommes de minima, des relations faciles à former.

Pour les classes de discriminant 8N + 7 et de l'ordre impropre, il existe également une correspondance entre les classes, ce qui permet d'établir, entre autres, les relations

$$\Sigma(m_1^\alpha + m_2^\alpha) = \Sigma\{[m + m_1 - |\,m - m_1\,|]^\alpha + [m + m_2 - |\,m - m_2\,|]^\alpha\},$$
$$\Sigma|\,m - m_1\,|^\beta + \Sigma|\,m - m_2\,|^\beta = \Sigma\{(m + m_1 - m_2)^\beta + (m + m_2 - m_1)^\beta\},$$

m'_1, m'_2 ($m_1 \leqq m_2$) sont les deux premiers minima multiples de 4, m est le

minimum congru à 2 (mod 4), et α, β sont deux nombres quelconques. Les sommations sont étendues à l'ensemble des classes de formes de l'ordre impropre. La seconde formule, dans le cas particulier de $\beta = 2$, est équivalente à une formule de G. Humbert, obtenue au moyen des fonctions elliptiques.

Enfin les correspondances en question s'interprètent dans la représentation géométrique classique des formes binaires par un point d'un plan analytique : on peut choisir, comme points représentatifs des formes en correspondance, des points symétriques par rapport à la circonférence ayant pour rayon $\sqrt{2}$ et pour centre le point de coordonnées $x = -1$, $y = 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions de Legendre de première espèce et certaines fonctions associées.* Note (¹) de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note du 28 juin, dont je conserve les notations, j'ai considéré des fonctions $J_m^n(z)$ associées à $P_m(z)$.

Si $\varphi(x) = \sum_{-\infty}^{\infty} a_m x^m$ est holomorphe dans la couronne $\rho \leqq |x| \leqq \rho'$, on a, sous certaines conditions que je ne reproduis pas ici,

$$\varphi\left(x\frac{Q}{P}\right) = \sum_{-\infty}^{\infty} \varphi_n(z;\, x)\,\xi^n, \tag{1}$$

où

$$\varphi_n(z;\, x) = \sum_{-\infty}^{\infty} a_m x^m J_m^n(z). \tag{2}$$

A $\varphi(x) = e^x$ sont ainsi associés les coefficients

$$\varphi_n(z;\, x) = (-1)^n \left(\frac{1+z}{1-z}\right)^{\frac{n}{2}} J_n\left(x\sqrt{1-z^2}\right) e^{xz},$$

où $J_n(x)$ désigne un coefficient de Bessel. Plus généralement, si $\varphi(x)$ est holomorphe à l'origine, le cas $z = 0$ donne

$$\varphi\left[\frac{x}{2}\left(\xi - \frac{1}{\xi}\right)\right] = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Phi_n(x)\,\xi^n,$$

(¹) Séance du 19 juillet 1926.

où

$$\Phi_n(x) = (-1)^n \Phi_n(x) \sum_{s=0}^{\infty} \frac{(-1)^s \varphi^{(n+2s)}(0)}{2^{n+2s} s!(n+s)!} x^{n+2s} \qquad (n > 0).$$

Par exemple, si

$$\varphi(x) = \lambda^p (1+x)^p,$$

il vient

$$\Phi_n(x) = \binom{p}{n} \lambda^p \left(\frac{x}{2}\right)^n F\left(\frac{n-p}{2}, \frac{n-p+1}{2}, n+1; -x^2\right).$$

Il en résulte

$$J_p^n(\lambda) = \binom{p}{x} \lambda^p \left(\frac{1+\lambda}{-2\lambda}\right)^n F\left(\frac{n-p}{2}, \frac{n-p+1}{2}, n+1, 1-\frac{1}{\lambda^2}\right),$$

qui se déduit encore de la représentation de $J_p^n(\lambda)$ par l'intégrale de Laplace.

Le même raisonnement, avec $z \neq 0$ et $\lambda = \frac{1}{\sqrt{1+2zx+x^2}}$, fournit l'identité

$$(5) \qquad J_m^n[(\lambda(1+xz)] = \lambda^m \left[\frac{\lambda x(1-z)}{1-\lambda(1+xz)}\right]^n \sum_{p=|n|}^{\infty} \binom{m}{q} J_p^n(z) x^p.$$

Pour $n = 0$, on obtient le développement symbolique suivant :

$$(6) \qquad P_m\left(\frac{x+z}{\sqrt{1+2zx+x^2}}\right) = \left(\frac{x+P(z)}{\sqrt{1+2zx+x^2}}\right)^m \qquad (|x| > 1),$$

où le second membre est développé suivant les puissances croissantes de $P(z)$, avec remplacement de $P(z)^k$ par $P_k(z)$. On tire encore de (6) les formules

$$(7) \qquad P_m(1-2z^2) = \sum_{s=0}^{\infty} \binom{m}{s} P_s(z)(-2z)^s,$$

$$(8) \qquad P_m(z) = [2z - P(z)]^m,$$

la dernière identité ayant la même signification symbolique que (6).

Lorsque les points singuliers σ_1 et σ_2 viennent en coïncidence, on a, pour m entier,

$$\left(\frac{Q}{P}\right)^m = \sum_{n=-\infty}^{\infty} I_m^n z^m \xi^m$$

$$(ac' + ca' - 2bb' = -2z \neq 0;\ b^2 - ac = 1;\ b'^2 - a'c' = 0),$$

où

$$I_m^n = \frac{(-1)^n}{2^m} \binom{2m}{m+n}.$$

Si $\varphi(x)$ est holomorphe à l'origine, on a maintenant

$$\varphi\left(x\frac{Q}{P}\right) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \varphi_n(x\zeta)\xi^n$$

avec

(9) $$\varphi_n(x) = \sum_{m=0}^{\infty} a_m I_m^n x^m.$$

La fonction e^x conduit ainsi aux deux identités

(10) $$\left\{\begin{array}{l} \displaystyle\sum_{q=0}^{2s+1}\left(\frac{-1}{2}\right)^q\binom{2n+2q}{q}\binom{n+2s+1}{n+q} = 0, \\ \displaystyle\sum_{q=0}^{2s}\left(\frac{-1}{2}\right)^q\binom{2n+2q}{q}\binom{n+2s}{n+q} = \frac{1}{2^{2s}}\binom{n+2s}{s}. \end{array}\right.$$

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'arc de l'europium. Mesures faites à la pression normale, entre* λ 3500 *et* λ 3100 *I. A.* Note [1] de M. S. **Piña de Rubies**, présentée par M. G. Urbain.

Poursuivant l'étude des spectres des terres rares, nous donnons dans la présente Note quelques raies de l'europium qui ne se trouvent pas dans les Tables. Le spectre d'arc de cet élément fut donné pour la dernière fois, et d'une façon assez complète, par Eder qui prouva l'extraordinaire pureté de l'europium obtenu par M. le professeur Urbain, et il compara à ce spectre celui de mélanges de Gd-Eu et Sm-Eu fournis par Auer. Kayser, dans son *Traité de Spectroscopie*, (7, 2e Partie, 1924, p. 387) a réuni les mesures d'Exner et Haschek (europium de Demarçay), et celles d'Eder (europium de M. Urbain et mélanges d'Auer), mais il a laissé de côté toutes les raies d'intensité 1 (500 environ). Ces mesures complètes (voir *Tables annuelles de constantes et données numériques*, 5, 1re Partie, 1925, p. 432) sont assez concordantes, mais non identiques; cela est dû, sans doute, en partie à la nature des plaques et, d'autre part, à ce que le spectre d'Auer est le plus riche en raies. Nous avons étudié, outre l'europium pur, des fractions Eu-Gd et Eu-Sm obtenues également par M. Urbain. Nous retrouvons dans nos spectrogrammes toutes les raies décrites par Exner et Haschek, et aussi toutes les raies du spectre de l'europium d'Urbain,

---

(1) Séance du 19 juillet 1926.

décrites par Eder; mais, dans nos spectrogrammes, les raies suivantes de l'europium d'Auer décrit par Eder font défaut.

Longueur d'onde λ.	Intensité.
3204,37	1
3254,57	1
3268,66	1
3296,17	1
3314,85	1
3443,81	1

Dans le tableau suivant, nous signalons seulement les raies nouvelles mesurées par nous, lesquelles devront être incorporées aux spectres de l'europium.

Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.
3485,8	1	3355,4	1	3207,0	2
82,5	1	46,7	2 bb	01,1	1 a
69	1 a	46,4	2 bb	3196,6	1 +?
66,4	2	45,4	1	91,4	1
60,3	1 +	42,6	0 p	90,6	1
59,3	1 +	41,0	1	83,7	0
48,4	1 a	33,7	1	82,9	1
48,1	1 a	31,1	1 +	78,7	2
46,3	1 K?	29,7	1 +	77,4	1
16,7	2 +	29,5	1 +	75,0	1 Sn?
14,1	1	28,0	1 +	74,1	1
12,7	2	26,0	1 +	70,9	1
10,6	1	16,5	1 +?	66,4	1
05,4	1 + a	10,4	2	54,7	1
3403,9	1	03	1	50,5	0
3399,9	1 + a	3300,8	1	46,6	1
81,7	1 +	3287,6	1 +	44,8	1
77,7	1	82,5	0	39,1	1
74,5	0	63,6	1	34,6	1
73,2	1 + a	60	1 a	31,6	1
71,7	1 a	59,4	0	28,8	1
70	1 ?	51,3	1 +	22,4	1
67,6	2 +	46,8	0 p	21,8	1
66,1	1	46,3	1	18,0	1
65,1	1 ?	44,4	1	05,2	0
64,3	1	42,1	1		
61,6	1	18,6	1 + Sm ?		

a = bords pas nets; bb = bords de bande; p = polaire.

La raie 3367,6 (2) + ne paraît pas être due au gadolinium; près de la raie 3150,5 (0) s'en trouve une autre déjà connue : 3150,47 (1) (Eder).

Nous avons aussi retrouvé dans nos spectrogrammes, mais très faible, la raie de longueur d'onde 3442,46 (2) : elle se présente dans le fer et aussi dans notre charbon; nous la délaissons comme impureté.

La plupart des raies énumérées sont connues dans le spectre d'étincelle de l'europium, d'Exner et Haschek, de même que beaucoup de raies d'intensité (1) données par Eder et délaissées par Kayser. Toutes ces raies faibles se retrouvent dans nos différents spectres et elles semblent bien appartenir à l'europium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Activation des variétés inertes du sulfate de calcium.* Note (1) de M. P. **Budnikoff**, transmise par M. Henry le Chatelier.

L'anhydrite naturelle et le sulfate de calcium obtenu par cuisson à mort du gypse, entre 400° et 750°, ne font pas prise au contact de l'eau, mais on peut leur communiquer cette propriété grâce à l'intervention de certains catalyseurs. Les expériences ont été faites sur du gypse calciné entre 600° et 700° pendant 4 heures. La matière était broyée de façon à ne laisser aucun résidu sur le tamis de 4900 mailles au centimètre carré.

Catalyseurs.	Proportion du catalyseur (pour 100).	Résistance de la traction en kg par centimètre carré. 3 jours.	7 jours.	21 jours.	Prise.
CaO	0,5	12	39	41	2 heures
NaOH	1,0	32	30	40	id.
Ciment Portland	10,0	4	5	27	id.
Alun de chrome	2	34	38	37	lente
$(NH^4)^2SO^4$	1	13	13	41	id.
Na^2SO^4	3	15	8	38	id.
$FeSO^4$	0,12	11	12	12	id.
SO^4H^2	1	12	14	36	rapide
HCl	2	8	7	17	id.
Acide tartrique	1	8	23	36	15 minutes
$NaHSO^4$	1	29	33	49	id.
$KHSO^4$	2	27	33	50	id.

Dans une expérience faite sur un plâtre passant totalement au tamis de

(1) Séance du 2 août 1926.

6000 mailles au centimètre carré avec une addition de 2 pour 100 du mélange $NaHSO^4$ et $CuSO^4$ on a obtenu 67^{kg} à 21 jours.

Les résistances à la compression avec le catalyseur $NaHSO^4$ ont atteint 500^{kg} par centimètre carré.

La variation de la résistance en fonction du temps est assez irrégulière, comme le montrent les chiffres suivants obtenus avec le bisulfate de sodium :

Temps.......	1h.	1h.30m.	5h.	8h.	12h.	2j.	10j.	2 mois.
Résistance.......	1	4,8	20	25	15	25	35	49

Il y aurait un maximum de résistance au bout de 8 heures, que l'on peut attribuer à la formation d'hydrates instables.

Un fait plus curieux encore est le durcissement spontané du gypse non cuit et broyé très fin. Avec une matière passant entièrement au tamis de 9000 au centimètre carré et une addition de 0,3 pour 100 de catalyseur, on a obtenu un mortier qui a pris une résistance finale de 70^{kg}. La recristallisation résultant de la solubilité plus grande des grains très fins a suffi pour provoquer ce durcissement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le déplacement du cæsium et du rubidium par le fer.* Note [1] de MM. **L. Hackspill** et **H. Pinck**, transmise par M. H. Le Chatelier.

L'un de nous a montré, en collaboration avec M. R. Grandadam [2], que le fer déplace avec facilité le potassium et le sodium de la plupart de leurs sels, à la condition d'opérer dans le vide à une température pour laquelle la pression de vapeur saturante du métal alcalin est de l'ordre du centimètre de mercure.

Il était à prévoir que des réactions analogues se produiraient en traitant par le fer, dans les mêmes conditions, les sels de cæsium et de rubidium.

Cette hypothèse a été pleinement vérifiée. Nous avons même pu constater que, d'une façon générale, les sels des métaux alcalins rares, bien qu'ils donnent naissance à une absorption de chaleur supérieure, réagissent plus rapidement à une température plus basse que celle nécessaire pour les sels de potassium et de sodium.

(1) Séance du 2 août 1926.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 67; *Annales de Chimie*, 5, 1926, p. 218.

La réaction commence toujours à une température inférieure au point de fusion du sel. Dans le cas du sulfate de cæsium (P. F. 1019°) il y a déjà un léger dégagement de métal alcalin à partir de 750°.

Tous nos essais ont été faits sur 5 à 6^{g} de sel, dans l'appareil décrit antérieurement (*loc. cit.*). Du cæsium métallique a été obtenu avec un fort bon rendement à partir de l'hydrate, du carbonate, du sulfate et du nitrate; du rubidium, à partir de l'hydrate et du sulfate; les autres produits de la réaction étant les mêmes que dans le cas des sels alcalins communs.

Nous croyons pouvoir affirmer que le carbonate et le nitrate de rubidium seraient également réduits; si l'expérience n'a pas été réalisée, c'est par raison d'économie de temps et d'argent. Quant aux chlorures, ils ne subissent en apparence qu'une simple volatilisation; mais si l'on examine le dépôt gris obtenu sur le tube froid de l'appareil, on constate qu'il est formé par un mélange intime de chlorure alcalin et de fer extrêmement divisé, mais qu'il est exempt de chlorure de fer, contrairement à ce qui se produit avec les chlorures de potassium et de sodium. Ce fait peut s'expliquer par la vitesse avec laquelle le cæsium et le rubidium réagissent dès la température ordinaire.

En résumé, le déplacement par le fer du rubidium et du cæsium peut être réalisé assez facilement avec certains sels pour fournir une préparation de ces derniers métaux à l'état de pureté. Cependant nous préférons, dans la plupart des cas, le procédé indiqué antérieurement par l'un de nous (réduction des chlorures par le calcium) [1], parce qu'il permet de partir des chlorures et ne donne lieu à aucun dégagement gazeux.

Deux savants allemands, MM. Suhrmann et Clusius, ont préconisé récemment une préparation des métaux alcalins basée sur la décomposition des azothydrates [2]. Leur Mémoire est fort intéressant et dénote une grande habileté expérimentale. Néanmoins il ne nous semble pas que la complexité de la méthode et celle des appareils se justifient par l'obtention d'un métal plus pur que le nôtre.

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 9, 1911, p. 446.

(2) *Zeit. f. anorg. u. allgem. Chem.*, 152, 1926, p. 52.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination par voie ébullioscopique de la constante d'équilibre relative à la formation des complexes engendrés par le cyanure mercurique.* Note [1] de MM. F. **Bourion** et E. **Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Communication précédente [2], en appliquant la méthode ébullioscopique à l'étude de la formation des sels doubles engendrés en solution aqueuse, par le cyanure mercurique avec les halogénures alcalins, de magnésium et de baryum, nous avons reconnu, sauf pour le chlorure de baryum, l'existence de sels doubles constitués par des proportions équimoléculaires des sels simples. Or M. P. Job [3], par voie spectrographique, a réussi à déterminer, non seulement la composition des sels complexes, formés à la température ordinaire en solution aqueuse, mais aussi à fixer la valeur de la constante de l'équilibre qui s'établit entre le complexe et les constituants, en utilisant la relation indiquée antérieurement par MM. G. Urbain, P. Job et Chauvenet (*Soc. Chim. Phys.*, Comm. verbale, 11 juin 1913).

Si l'on mélange un volume $1-x$ de A à la concentration Γ à un volume x de B à la concentration $p\Gamma$, la constante de k de l'équilibre

$$(1)\qquad mA + nB \rightleftharpoons A^m B^n$$

est donnée par

$$(2)\qquad k = \frac{\Gamma^{m+n-1}[(m+np)x - n]^{m+n}p^{n-1}}{m^{n-1}n^{m-1}(p-1)^{m+n-1}[n-(m+n)x]} = \frac{C_{(CN)_2Hg}\,C_{XK}}{\text{Complexe}},$$

x correspondant à la composition maxima du complexe.

Nous avons alors appliqué la relation (2) à la méthode ébullioscopique, à la fois dans le but de mesurer l'affinité des complexes dont nous avons caractérisé la formation, et aussi pour voir s'il n'était pas possible d'en tirer des renseignements sur la nature de la règle à employer pour évaluer l'élévation correspondant aux sels simples.

Nous nous sommes aperçus rapidement que la méthode ébullioscopique offrait moins de souplesse que la méthode spectrographique et que sa faible sensibilité exigeait que l'on opérât en solution plus concentrée et dans les limites de concentrations beaucoup plus étroites que celles qui appar-

---

(1) Séance du 12 juillet 1926.

(2) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1171.

(3) P. Job, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 928, 1108 et 1932; et 182, 1926, p. 632.

tiennent à la seconde. Nous avons pu toutefois obtenir des résultats cohérents dans le domaine de dilution expérimenté.

La valeur $p = \frac{1}{2}$ ne permettant pas de fixer correctement la position du maximum, nous avons fait varier p de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{6}$. On a observé pour le couple $ClK - (CN)^2Hg$:

Concentration.				
ClK.	$(CN)^2Hg$.	x (max.).	k.	Moyenne.
2,625 M	0,875 M	0,575	1,42	
3 M	0,75 M	0,597	1,32	1,3
2,2 M	0,55 M	0,587	1,19	

en prenant la méthode des mélanges, pour calculer les élévations des sels simples.

Nous avons de même observé en employant la même règle, pour le couple $BrK - (CN)^2Hg$:

	Concentration.				Moyenne des cinq premières.
	BrK.	$(CN)^2Hg$.	x (max.).	k.	
(1)........	2,4 M	0,8 M	0,596	0,79	
(2)........	2,4 M	0,6 M	0,607	0,83	
(3)........	2 M	0,5 M	0,59	1,02	0,87
(4)........	1,6 M	0,4 M	0,595	0,74	
(5)........	3 M	0,75 M	0,613	0,97	
(6)........	2,6 M	0,5 M	0,617	0,90	
(7)........	3 M	0,5 M	0,63	0,97	

La position du maximum étant fixée avec beaucoup moins de certitude pour (6) et (7) que pour les cinq premiers; le paramètre k, qui est élevé, reste convenablement constant; il semble toutefois croître un peu en même temps que la concentration. Nous avons de même étudié le couple $BrK - (CN)^2Hg$, en déterminant les élévations des sels simples en présence d'un poids d'eau égal à celui du mélange. Nous avons observé :

Concentration.				
BrK.	$(CN)^2Hg$.	x (max.).	k.	Moyenne.
2,4 M	0,8 M	0,557	1,82	
3 M	0,5 M	0,587	2,05	1,99
3 M	0,75 M	0,575	2,11	

La constante est environ double de celle obtenue par emploi de la règle des mélanges.

De cette étude nous tirons les conclusions suivantes :

1° L'affinité du cyanure mercurique pour les halogénures alcalins est faible à 100°. C'est ainsi qu'à la concentration globale 1M pour chaque constituant dans le mélange, il y a 40,5 pour 100 de ceux-ci combinés pour le couple $(CN)^2Hg - BrK$, et seulement 30 pour 100 pour le couple $(CN)^2Hg - ClK$ quand on emploie la règle des mélanges. Cette proportion s'abaisse à 27 pour 100 pour le premier couple, quand on rapporte les élévations au poids d'eau; tandis que pour les couples $IK - I^2$, $ClK - I^2$, qui donnent des complexes de même type que les précédents, il résulte des données de M. P. Job (*loc. cit.*) qu'à la concentration 1M, et à la température ordinaire, il y a 96 pour 100 pour le premier et 58 pour 100 pour le second, de constituants combinés.

Il convient d'attendre des recoupements pour se prononcer définitivement sur la valeur de nos résultats.

2° Les phénomènes observés sont trop petits pour que l'on puisse en tirer des renseignements sur le choix de la règle à utiliser pour l'évaluation des élévations des sels simples.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Préparation d'un chrome-carbonyle par l'intermédiaire d'un magnésien.* Note [1] de MM. **André Job** et **Antoine Cassal**, transmise par M. Charles Moureu.

Dans une Note récente [2] nous avons étudié la fixation de l'oxyde de carbone sur le bromure de phényl-magnésium par l'intervention catalytique du chlorure chromique et nous avons émis l'hypothèse qu'un chrome-carbonyle pourrait être l'intermédiaire de la réaction.

En fait, nous avons isolé un chrome-carbonyle dans les circonstances suivantes :

Quand, après hydrolyse, on chasse par distillation l'éther de la solution qui a fixé l'oxyde de carbone, on voit apparaître, vers la fin de l'opération, sur les parois du réfrigérant, quelques petits cristaux blancs. Ces cristaux sont d'autant plus nombreux que la fixation de l'oxyde de carbone a été faite à température plus basse. Pour en augmenter le rendement nous avons été conduits à modifier notre technique : nous évitons toute augmentation de température en introduisant la solution éthérée de C^6H^5MgBr goutte à goutte dans la suspension éthéro-benzénique de chlorure chro-

(1) Séance du 2 août 1926.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 58.

mique agitée en présence d'oxyde de carbone. En maintenant la température au-dessous de 10°, nous avons pu, après hydrolyse, obtenir à la distillation de l'éther des quantités assez notables de cristaux blancs (environ 2^g pour 10^g de $CrCl^3$; la quantité de magnésien mis en jeu correspondait à 8^g de Mg). Ajoutons que pour voir ces cristaux se sublimer ainsi, il convient de chasser l'éther rapidement par distillation dans le vide.

L'analyse nous a révélé un chrome-carbonyle. Nous avons aussitôt essayé de le faire réagir sur le bromure de phényl-magnésium en solution éthérée. Nous l'avons introduit à la place du chlorure chromique dans une solution éthéro-benzénique de C^6H^5MgBr en excès, refroidie et agitée dans l'oxyde de carbone. Dans l'intervalle de température compris entre + 5° et + 40° nous n'avons constaté aucune réaction et le chrome-carbonyle, complètement dissous à 40°, reparaissait inaltéré à + 7°.

Ainsi le chrome-carbonyle n'est pas l'agent catalytique de la réaction, mais simplement un produit secondaire, stable, et dont la stabilité même assure la séparation.

Nous avons là un composé de chrome tout à fait incolore. Ses cristaux, de forme allongée (jusqu'à 1^{cm}) sont du système orthorhombique [1]. Ils sont assez solubles dans $CHCl^3$ et CCl^4 à froid, très peu solubles dans l'alcool, l'éther, l'acide acétique et la benzine. Ils se subliment dès la température ordinaire. Exposés à l'air libre sur un verre de montre, ils disparaissent en moins de 24 heures. Cette tendance à la sublimation rapide rend difficile la détermination du point de fusion. Projetés sur le bloc Maquenne à des températures croissantes, ils se subliment de plus en plus rapidement. Puis, quand on atteint la température de 210°, ils se décomposent brusquement avec déflagration et laissent un résidu de chrome et de Cr^2O^3. Chauffés avec ménagement en tube scellé dans le bain d'acide sulfurique, ils passent d'abord à l'état de vapeur; ensuite il faut chauffer au delà de 200° pour voir apparaître des signes de décomposition. Vers 230° nous avons vu se former sur les parois du tube un miroir de chrome métallique et en ouvrant le tube nous avons recueilli de l'oxyde de carbone. Quand on fait brûler des vapeurs de chrome-carbonyle on observe une belle flamme éclairante.

Le chrome-carbonyle n'est attaqué à froid ni par les lessives de potasse, ni par les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés, ni même par le brome. Par contre il est attaqué immédiatement à froid par l'acide nitrique

(1) M. Charles Mauguin a bien voulu les examiner.

fumant (à 48° B.). Le chrome passe à l'état de nitrate chromique et l'oxyde de carbone se dégage en nature, sauf une très petite fraction qui passe à l'état de CO^2.

C'est cette réaction qui nous a servi d'abord pour l'analyse du produit. Nous avons, dans des essais différents, dosé le chrome et l'oxyde de carbone.

Dosage de Cr (calcination du nitrate chromique et pesée de Cr^2O^3). Trouvé : 23,6 pour 100 et 24,1 pour 100; calculé pour $Cr(CO)^6$: 23,6 pour 100 (1).

Dosage de CO (en tenant compte de la partie transformée en CO^2). Trouvé : CO 76 pour 100; calculé pour $Cr(CO)^6$: CO : 76,4 pour 100.

Nous avons aussi fait une combustion à l'oxyde de cuivre dans un courant d'oxygène en tube ouvert. Elle nous a donné un nombre un peu supérieur au nombre calculé pour $Cr(CO)^6$ (77,7 pour 100 au lieu de 76,4 pour 100). Nous nous proposons de reprendre ces dosages de CO quand nous aurons préparé à l'état de pureté une quantité de matière suffisante. En attendant nous pouvons considérer comme très probable la formule $Cr(CO)^6$.

Elle est conforme aux prévisions si l'on admet la théorie électronique d'après laquelle, pour la formation d'un métal-carbonyle stable dans la série du fer, l'atome métallique reçoit de chaque CO un tribut de 2 électrons et tend à compléter son enveloppe à 18. Les 6 électrons extérieurs du Cr, additionnés de 6×2 électrons, donnent en effet 18 (2).

Nous n'insisterons pas sur l'intérêt que présente le chrome-carbonyle qu'on avait vainement cherché jusqu'ici. Il serait désirable maintenant de trouver un mode de préparation plus simple. Les données que nous avons acquises sur le domaine de stabilité de ce composé seront pour cela une utile indication.

ŒNOLOGIE. — *Sur les pectines des raisins et le moelleux des vins.* Note de MM. **L. Semichon** et **Flanzy**, présentée par M. Lindet.

Cette Note rapporte les faits nouveaux de nos études sur la production et la constitution des pectines et des gommes dans les raisins, les moûts et les vins.

(1) Un autre dosage d'après une méthode indiquée par Treadwell donne le même nombre : oxydation de $Cr^{\cdots}$ en chromate, précipitation sous forme de chromate mercureux, calcination et pesée de Cr^2O^3 : trouvé $Cr = 23,3$ pour 100.

(2) On a appliqué des considérations analogues au molybdène-carbonyle dont la formule probable est $Mo(CO)^6$. Le nombre 18 correspond à l'enveloppe électronique du krypton.

Séparation des pectines et des gommes. — Après de nombreux essais nous avons obtenu le précipité de pectines dépourvu d'impuretés en ajoutant 1 pour 100 HCl au moût ou au vin avant la précipitation par l'alcool.

Ce précipité étant redissous dans l'eau, nous en extrayons l'acide pectique sous forme de pectate de calcium par le procédé de Carré et Haynes légèrement modifié. Dans le filtrat les gommes sont reprécipitées par l'alcool.

L'examen d'un grand nombre de moûts et de vins a montré que *les moûts de raisins ne contiennent que des pectines et que les vins ne contiennent que des gommes ou un mélange de pectines et de gommes.*

Constitution des pectines des moûts. — Le précipité de pectine est un éther méthylique de l'acide pectique combiné à quelques autres composés organiques et à des éléments minéraux. Un moût de grenache a donné :

Radical alcoolique (CH^3OH)................................	12,86
Noyau pectique (dont acide pectique, 69,60; autres composés organiques, 11,83)................................	81,43
Éléments minéraux................................	5,71
Total.......	100,00

Le radical méthoxyl, déjà signalé dans les marcs de pommes par Fallenberg, a été caractérisé après oxydation par le procédé de Denigès et par la réaction de Trillat à la diméthylaniline ainsi que par formation d'acide formique.

Le noyau pectique nous a donné par hydrolyse une solution contenant un sucre en C^5, qui réduit la liqueur de Fehling, donne au polarimètre $[\alpha_D^{15}] = +230$ environ et qui par l'acétate de phénylhydrazine donne une osazone qui nous a paru être l'arabinosazone.

Les éléments minéraux sont des phosphates de Ca, Mg, Al avec trace de Fe.

Constitution des gommes des vins. — Ces gommes, signalées par Pasteur et étudiées par Béchamp, nous ont donné par hydrolyse du glucose caractérisé au Fehling et au polarimètre et par formation de glucosazone.

Origine des pectines. — La pectose ou protopectine insoluble, étudiée dans les marcs de pommes par Clayson Norris et Schryver et dans les zestes de citron par Sucharipa, paraît également provenir dans les raisins d'une désagrégation des tissus cellulosiques de la grume. La trop grande acidité du moût entrave l'action de la pectose et la transformation de la pectose en pectine soluble. Elle ne se produit qu'à la fin de la maturation et surtout pendant la surmaturation et le passerillage. Voici les résultats donnés par des raisins de grenache riches :

	Sucres par litre.	Acidité par litre.	Pectine par litre.	Pectose par kilogr. de marc.
Moût naturel de Grenache	360g	3g,25	1g,54	2g,53
Même moût après douze jours de passerillage......................	502g	3g,30	5g,25	3g,80
Augmentation pour 100............	34,9	1,54	240,0	50,2
Même moût par même concentration artificielle.......................	502g	4g,53	2g,67	3g,53

Sous l'action de la chaleur, l'acidité des moûts joue le même rôle que la pectose (Müntz et Lainé).

Origine des gommes. — Contrairement à l'opinion de Müntz et Lainé, les gommes ne proviennent pas de la désagrégation des pectines. La diminution des pectines au cours des fermentations n'est pas en relation avec la production des gommes. Celles-ci n'ont pas non plus une origine microbienne; elles paraissent être un déchet de la végétation des levures.

Applications œnologiques. — 1° Les pectines permettent de distinguer les vins de liqueur naturels, obtenus par surmaturation et passerillage, des vins de liqueur de concentration artificielle. Les gommes distinguent les vins de liqueur ayant partiellement fermenté des mistelles ou mutés à l'alcool.

2° Les doses de pectine varient avec les cépages. Ceux qui passerillent bien (grenache, muscat, malvoisie, etc.) donnent des moûts riches en pectines et des vins moelleux. Ceux qui passerillent mal ou difficilement donnent des moûts pauvres en pectines (clairettes, picpouls, aspirans) et des vins secs, manquant de moelleux. La dextrane, engendrée par le *Botrytis cinerea* sur les raisins de Sauternes, a des propriétés et une constitution différentes de celles des pectines.

3° On peut rendre moelleux des vins secs en chauffant le marc frais avec une partie du moût : son acidité transforme la pectose en pectine soluble.

4° Nos résultats expliquent les procédés des Grecs et des Carthaginois pour la préparation des vins de liqueur. Ils recherchaient les vins veloutés et parfumés : leurs *vins apyres* (obtenus sans concentration des moûts) provenaient de *raisins passerillés* (séchés au soleil); les raisins non passerillés servaient à faire des *vins cuits* que la cuisson enrichissait en pectine.

5° Le moelleux est en relation avec l'exaltation des bouquets de fruits, qui paraît favorisée par la dissociation de l'éther méthylpectique, la libération du radical méthoxyl et sa juxtaposition aux essences et aux oléorésines que le raisin contient.

PHYSIOLOGIE. — *La loi des tailles et la respiration des tissus* in vitro *chez les homéothermes*. Note de Mme **Éliane Le Breton** et M. **Charles Kayser**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré [1] que la respiration *in vitro* des tissus était, pour une même espèce d'homéothermes, d'autant plus grande que l'animal était plus jeune; cette constatation renforçait la théorie de la masse protoplasmique active telle qu'elle a été formulée par G. Schaeffer et E. Le Breton (1923).

Mais si cette théorie est exacte elle entraîne une autre conséquence. La respiration *in vivo* des tissus homologues d'homéothermes d'espèces variées doit être d'autant plus grande par unité de poids que ces tissus appartiennent à une espèce de taille plus petite. Les facteurs d'intensité étant supprimés, toute différence dans la grandeur des oxydations sera attribuable à une différence de constitution des protoplasmes.

En est-il bien ainsi? Les opinions les plus récentes des physiologistes diffèrent essentiellement sur ce point. Grafe (1925) admet que les tissus de tous les animaux, homéothermes ou poïkilothermes, ont même respiration. Malheureusement cette conclusion est en désaccord avec les quelques chiffres publiés par cet auteur, qui trouve des consommations d'oxygène allant de $0^{cm^3},078$ à $0^{cm^3},354$ par gramme de tissu sec et par heure. Bien qu'obtenus avec la dernière technique de Warburg (1924), ces résultats sont inconciliables avec ceux de ce dernier auteur, de même qu'avec ceux de P. Wels et de Meyerhof. Terroine et Hoche (1925) constatent : 1° que les différents tissus des homéothermes ont bien, comme il est classiquement admis, des oxydations d'intensité différente; 2° que les tissus homologues ont même respiration chez les différentes espèces d'homéothermes. Mais ils ont utilisé une technique qui ne respecte aucun des principes posés par O. Warburg en 1924, auxquels toute étude correcte de la respiration des tissus doit se soumettre. Il est donc impossible d'utiliser leurs chiffres. Dans un travail d'ensemble nous reviendrons longuement sur les critiques qu'on peut faire à ces différents auteurs.

Utilisant la technique récente de Warburg, Meyerhof signale incidemment que la respiration des muscles d'animaux d'espèces différentes est d'autant plus grande que l'animal est de taille plus petite. P. Wels (1925), utilisant également la technique de Warburg, arrive à la conclusion que le foie et le diaphragme d'animaux homéothermes

(1) Charles Kayser, Éliane Le Breton et Georges Schaeffer, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 255.

de tailles différentes sont le siège d'oxydations d'autant plus grandes qu'ils appartiennent à des espèces plus petites.

En présence de ces contradictions, nous avons repris l'étude détaillée du problème. Un contrôle approfondi des méthodes employées nous a fait adopter une technique voisine de celle de Warburg, plus précise encore, et pour laquelle nous avons mis au point un dispositif expérimental spécial. Donnons aujourd'hui les résultats concernant le foie d'homéothermes de tailles inégales :

Température : 37°. Centimètres cubes d'oxygène par heure pour 100g frais.

Animaux adultes tués à la neutralité thermique.

	Canaris (16g env.).	Souris.	Rats.	Cobayes.	Chiens de tailles variées.
	Tissu hépatique : coupes de 0mm,3 à 0mm,2.				
	600,9	481	380,5	263	229
	595	479	339	260	157
	661	489	346	239	196
	685	528	324	257	201
	662	562	328	255	214
	»	494	333	271	186
	»	588	352	243	209
	»	513	»	237	230
Moyennes.......	640,7	516,7	343,2	253	202,7
Écart maximum (1)...	7,3	14	10,8	7,2	22
Écart moyen (1)......	5,3	6	4	4	8,7

On voit d'après ce tableau que la valeur des oxydations du foie isolé de l'organisme est d'autant plus grande que ce tissu appartient à une espèce plus petite, c'est-à-dire ayant des échanges plus élevés par kilogramme de poids vif. Cette constatation s'étend, comme nous le verrons, aux autres tissus. La teneur en eau du foie des homéothermes, grands ou petits, étant sensiblement la même, les différences constatées ne sauraient être attribuées à des états de dispersion variable du protoplasme, mais à une différence de composition de ce protoplasme (masse active).

(1) Pour 100 autour de la moyenne.

Dans la respiration des tissus *in vitro*, le rôle des facteurs d'intensité étant supprimé, les différences constatées d'une espèce à l'autre démontrent que *chez les homéothermes la grandeur de la consommation d'oxygène par kilogramme* in vivo *est fondamentalement conditionnée par la constitution même du protoplasme*.

On ne peut donc penser avec certains physiologistes « qu'il faut abandonner toute idée de considérer comme un élément important de la loi qui régit l'intensité du métabolisme basal chez les homéothermes une variation quantitative, et peut-être même qualitative de la masse active » (Terroine), ni rapporter les différences constatées d'une espèce à l'autre aux seuls facteurs d'intensité.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les Entomostracés de la faune pélagique du lac du Bourget* (*Savoie*). Note [1] de M. J. **Pelosse**, transmise par M. Ch. Gravier.

Les observations suivantes sur les Entomostracés pélagiques du lac du Bourget sont le résultat de cinq années d'études; les pêches ont été faites mensuellement pour plusieurs années. Je prendrai pour types les pêches de 1925, auxquelles je comparerai celles des années précédentes, afin de s'assurer qu'il ne s'agissait pas de cas exceptionnels. La présente étude a surtout en vue de donner un aperçu de la nature des espèces d'Entomostracés (Cladocères et Copépodes) constituant partiellement le plancton du lac, et des variations relatives des espèces les unes par rapport aux autres. D'autres observations plus complètes feront l'objet d'un travail ultérieur. Les animaux dont il s'agit constituent la nourriture principale des Alevins, et même la nourriture presque exclusive des Corégones.

Ces recherches ont été effectuées en prenant le petit port d'Aix-les-Bains comme point de départ : elles ont eu lieu dans toutes les régions du lac, surtout dans la moitié sud, à 400^{m} au moins des bords. Je me suis servi de filets du modèle d'Apstein, permettant de faire les pêches à des profondeurs déterminées. En général, la première pêche était effectuée entre la surface et 30^{m}, la seconde entre 30 et 60^{m}.

Parmi les auteurs s'étant occupés de la faune du lac du Bourget, et du

---

(1) Séance du 2 août 1926.

sujet de cette Note, je citerai Imhof et Marc le Roux. Mais ils n'effectuèrent, surtout le premier, que peu de pêches, à une seule époque de l'année. Mon regretté ami Eynard au contraire, après de minutieuses recherches, dressa une liste de 42 espèces de Cladocères du lac (*Annales de la Société linnéenne de Lyon*, 67, 1920), à laquelle on ne pourra probablement ajouter qu'un très petit nombre de nouvelles espèces.

Pour avoir des résultats aussi comparables que possible, toutes mes pêches ont été faites autant qu'il se peut dans les mêmes conditions : malgré cela, d'une pêche à l'autre, les résultats peuvent être très différents, et peu explicables à première vue. D'une année à l'autre aussi, les pêches faites à la même époque peuvent être très dissemblables. Tout ceci montre à nouveau que, si l'on ne veut donner des résultats pouvant être complètement erronés, il est nécessaire que ceux-ci soient basés sur un très grand nombre de pêches, faites pendant le cours de plusieurs années, autant que possible dans des conditions variées.

Les Entomostracés pélagiques du lac du Bourget apparaissent constitués : 1° par une majorité généralement considérable de *Diaptomus gracilis* G. O. Sars; 2° par des minorités plus ou moins importantes : *a.* d'espèces permanentes (citées dans l'ordre moyen d'importance) : *Cyclops strennus* Fischer et *C. Leuckarti* Claus, *Daphnia hyalina* Bürckhardt, *Bosmina coregoni* Baird, *Diaptomus laciniatus* Lillj, trouvés dans toutes les pêches; *Bythotrephes longimanus* F. Leidig, *Leptodora Kindtii* Focke surtout, pouvant être moins constants; *b.* d'espèces plus ou moins saisonnières : *Sida crystallina* O. F. Müller, et surtout *Diaphanosoma brachyurum* Liévin.

Diaptomus gracilis peut constituer en avril 90 pour 100 des Entomostracés du plancton. Son pourcentage n'est en tout cas jamais inférieur à 55 pour 100 (dans une pêche de décembre). *D. laciniatus* est toujours présent, mais en quantité presque négligeable : 1 pour 100 dans certaines pêches, souvent moins. Les *Cyclops* oscillent entre 100 et 25 pour 100 (les deux espèces réunies). Joints aux *Diaptomus*, l'ensemble atteint parfois 98 pour 100 du total (pêche de mars). *C. strennus* prédomine sur *C. Leuckarti* pendant presque toute l'année, dans la proportion parfois de 9 pour 1, surtout en hiver, l'espèce étant sténotherme d'eau froide. Par contre, *C. Leuckarti* croît en été jusqu'à devenir parfois plus nombreux que *C. strennus*.

Daphnia hyalina ne s'est jamais présentée sous la forme *galeata*. Dans

mes pêches, l'espèce peut prédominer en volume, jamais en nombre. Bien que le plus abondant des Cladocères présents constamment, son maximum me paraît être 22,5 pour 100 (décembre), quelquefois son pourcentage très faible (3 pour 100 dans une pêche d'avril). *Bosmina coregori* est toujours peu nombreux : 4,5 pour 100 me semble être son maximum de fréquence (pêche d'avril). Par contre, en août, cette espèce est difficile à retrouver au milieu de plusieurs centimètres cubes de plancton.

Bythotrephes longimanus se rencontre presque toujours ; parfois il est rare ou absent. Alors que je ne le trouvais pas dans une pêche de janvier, l'intestin de Lavarets pris en ce moment en était rempli. Ces poisons avaient-ils rencontré une zone riche en ces Cladocères, ou les avaient-ils triés dans une très grande masse d'eau ? Il est difficile de le dire. *Leptodora Kindtii* est beaucoup moins constant. Son maximum semble être en août (1,1 pour 100). L'espèce peut être très fréquente une année, extrêmement rare la suivante.

Sida crystallina ne m'est jamais apparue sous l'adaptation *limnetica* Bürckhardt : l'espèce, très transparente, garde toujours son organe de fixation dorsal. Je ne l'ai trouvée au large qu'entre avril et octobre, plus souvent dans les zones les plus voisines du fond. Eynard a rencontré la même espèce en hiver, au-dessus de la zone la plus profonde du lac. *Diaphanosoma brachyurum*, espèce tout à fait saisonnière, n'apparaît que de juin à octobre, avec maximum en août. Cette espèce peut lutter de fréquence parfois avec les *Diaptomus* (août 1924 : 172 *Diaphanosoma*, 185 *Diaptomus*). Certaines années il peut être tout à fait rare.

Outre les espèces précédentes, limnétiques, on peut trouver accidentellement dans une pêche pélagique des espèces littorales, ou des espèces du fond. Parmi ces dernières, je citerai *C. strennus* var. *abyssorum* et *C. fimbriatus* Fischer. Je n'ai par contre jamais observé ni *C. prasinus* Fischer signalé par Marc le Roux, ni *Acroperus harpæ* Baird signalé par Eynard.

Si l'on compare la faune pélagique du lac du Bourget avec celle du Léman, on peut remarquer que l'on ne paraît pas rencontrer *Diaphanosoma* dans ce dernier ; mais on y trouve *Sida crystallina* var. *limnetica*, et la forme *gabata* de *Daphnia hyalina*.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Sur la flacherie du Ver à soie et ses causes.* Note de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

On confond généralement, sous le nom de flacherie, un ensemble de maladies du tube intestinal présentant un certain nombre de symptômes communs, mais différant les unes des autres aussi bien par leurs causes que par les lésions qu'elles provoquent. Le but de la présente Note est de faire connaître deux de ces affections, observées dans une des régions séricicoles les plus importantes de France, la basse Ardèche.

La première a été observée dans une filature où l'on faisait l'élevage du Ver à soie, dans un local voisin de la salle de manipulation des cocons; chaque année, une proportion importante de Vers du cinquième âge mouraient en présentant les symptômes caractéristiques de la flacherie; une seule fois, la récolte fut assez bonne : ce fut une année où la magnanerie avait été installée dans un local éloigné de la salle de manipulation des cocons. L'influence des poussières apparaît ici prépondérante. Nous avons pu, d'ailleurs, reproduire expérimentalement la diarrhée caractéristique de la flacherie en faisant ingérer à des Vers sains de la poussière prélevée dans la salle de manipulation des cocons. Quel est le mécanisme de cette action? *A priori*, le rôle des microbes semble secondaire, les cocons étant soumis à l'action prolongée de la chaleur humide avant leur entrée dans la filature. L'action mécanique paraît nulle; en effet l'ingestion de nourriture souillée avec poussière ordinaire ne détermine aucune diarrhée.

L'action des poussières de filature paraît se réduire à celle d'un poison accompagnant les sécrétions normales du Ver à soie, en particulier la bave que l'on retrouve en abondance autour des cocons et qui forme la bourre. L'action est surtout marquée chez les jeunes Vers; en leur faisant ingérer de la feuille de mûrier souillée avec débris de bourre, on les met généralement en état de diarrhée; le mécanisme de cette action n'a pu être encore précisé.

Le développement des Bactéries est postérieur à l'intoxication; il est simplement favorisé par l'état pathologique du Ver.

L'étude histo- et cytopathologique des Vers atteints de diarrhée montre que les cellules de l'intestin moyen sont en état de sécrétion anormale; après fixation par les méthodes mitochondriales et coloration suivant la

méthode de Kull, on constate que la plupart des cellules épithéliales présentent de grandes vacuoles semblables à celles des cellules caliciformes, mais non ciliées intérieurement. Le chondriome est peu altéré au début, mais après action prolongée du poison, on constate la transformation des chondriocontes de certaines cellules en grains arrondis ou en forme de goutte d'eau. On constate aussi la destruction d'un nombre plus ou moins considérable de cellules de la paroi; ces cellules tombent dans la lumière du tube et la substance qui les forme se fond avec celle qui constitue la membrane péritrophique; ainsi s'explique le phénomène d'épaississement de cette membrane signalé par maints auteurs, chez les Vers à soie atteints de flacherie. L'origine cellulaire apparaît très nettement grâce à la présence de grains de chondriome altéré qui persistent longtemps dans la masse de la membrane.

Le deuxième cas de flacherie a été observé en 1925 dans la même localité où fut étudié le cas de la filature. L'épidémie éclata brusquement à la sortie de la quatrième mue. Les Vers avaient été transportés, à la sortie de la troisième mue, d'une cuisine pourvue d'une grande cheminée, dans une grande magnanerie chauffée au charbon de terre, mais très bien aérée. Une partie de l'éducation avait été conservée dans la cuisine où elle donna une excellente récolte.

L'étude de la flore intestinale des Vers de la grande magnanerie n'a pas permis de mettre en évidence une seule espèce susceptible de jouer le rôle de parasite; elle a montré, par contre, que le contenu intestinal de certains Vers en état de diarrhée était remarquablement pauvre en microbes. Enfin, l'allure générale de l'épidémie était très différente de celle d'une épidémie de nature infectieuse. Le changement brusque des conditions de milieu à la sortie d'une mue nous paraît devoir être considéré comme la cause déterminante de la maladie. Il résulte d'ailleurs de nombreuses observations faites par nous-même et par certains éducateurs, que le changement des conditions de milieu en cours d'élevage présente très souvent de graves inconvénients par la marche générale de l'éducation. On a constaté, par exemple, que l'éducation en plein air, qui donne de bons résultats sous notre climat lorsqu'elle est commencée dès l'éclosion, réussit beaucoup moins bien lorsque les Vers sont placés sur les arbres à partir de la deuxième ou de la troisième mue.

L'étude histo- et cytopathologique par les méthodes mitochondriales nous a permis de préciser la nature des lésions qui caractérisent la maladie :

le noyau des cellules épithéliales de l'intestin moyen paraît normal; par contre, le chondriome est le siège d'altérations profondes; au stade le plus avancé, la plupart des chondriocontes sont transformés en grains de grosseur variable; quelques-uns de ces grains, accumulés généralement dans la partie distale des cellules, atteignent des dimensions énormes. On ne distingue aucune différence dans la nature des lésions du chondriome entre les régions antérieure et postérieure de l'intestin moyen.

Tous les Vers examinés ayant présenté les mêmes lésions, nous pouvons considérer celles-ci comme caractéristiques de la maladie étudiée. Si l'on admet que le chondriome joue un rôle important dans la sécrétion intestinale, on doit en conclure que sa destruction a pour conséquence une altération profonde de la fonction digestive suffisante pour entraîner la mort.

A $15^h 25^m$ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à $15^h 35^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 28 juin 1926.)

Note de M. *Silvio Minetti*, Sur le rayon de convergence et sur les singularités d'une classe de fonctions analytiques définies par le développement de Taylor :

Page 1597, dernier alinéa, *au lieu de* $k = 1$ et $\rho = 1$, *lire* $k = 1$ et $\rho < 1$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 17 AOUT 1926.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Les schistes cristallins à dumortiérite et lazulite de Madagascar.* Note (1) de M. A. LACROIX.

J'ai rencontré (2) dans les schistes cristallins de Madagascar deux minéraux riches en alumine, un silicoborate, la dumortiérite, et un phosphate, la lazulite, qui possèdent le caractère commun d'être colorés en bleu foncé, coloration assez rare parmi les minéraux, et d'être doués d'un polychroïsme extrêmement intense, bleu foncé suivant n_p dans la dumortiérite, suivant n_g et n_m dans la lazulite, ces deux minéraux étant complètement incolores dans les autres directions. Des incertitudes subsistant sur quelques particularités de leur mode de gisement peuvent être levées aujourd'hui grâce aux échantillons que M. Battini, administrateur en chef des Colonies, a bien voulu me recueillir dans l'unique point de l'île où ces deux minéraux sont associés. C'est, d'ailleurs, le seul où ait été rencontrée la dumortiérite, alors que la lazulite est beaucoup moins rare.

Ce gisement se trouve sur la bordure occidentale des Hauts-Plateaux, sur le chemin de Soavina à Ambatofinandrahana, près d'Ankofa, situé à l'est du Vatotsileo. C'est une région de quartzites, alternant avec des calcaires métamorphiques et des micaschistes, traversés par des intrusions de granite qu'accompagnent des filons de pegmatite et des veines de quartz contenant un peu de chalcosite.

Au milieu des quartzites et comme accident de ceux-ci affleurent, sur

---

(1) Séance du 9 août 1926.

(2) *Minéralogie de Madagascar*, **1**, 1922, p. 357 et 401; **2**, 1922, p. 497 et 528; 3, 1923, p. 331.

une quarantaine de mètres, les roches qui nous occupent. Elles sont assez variées. Tout d'abord, il faut signaler les quartzites dans lesquels la dumortiérite forme de petites aiguilles irrégulièrement distribuées dans tous les sens; le seul minéral accessoire microscopique est l'hématite lamelleuse; le microscope fait voir, en outre, de petits cristaux de rutile et de zircon. Quand la dumortiérite devient plus abondante, ses cristaux s'enchevêtrent ou bien s'orientent dans des directions parallèles; ils sont parfois accompagnés d'un peu de biotite et de muscovite. Progressivement, la roche passe à une véritable *dumortiéritite* schisteuse, à structure nématoblastique, dans laquelle le minéral bleu finit par exister presque seul. A l'œil nu, une telle roche ne saurait être distinguée d'une glaucophanite. Çà et là, se voient quelquefois de petits nids micacés, dans lesquels la muscovite englobe des aiguilles de dumortiérite d'un bleu presque noir.

J'ai vu un échantillon dont la dumortiérite est non plus bleue, mais d'un rose violacé; elle est accompagnée par du disthène incolore et de la lazulite pauvre en fer.

Un accident assez fréquent de ces roches schisteuses à dumortiérite consiste en amandes ou en traînées, à structure granoblastique, d'une association de quartz blanc et de grains bleu de ciel de lazulite translucide.

Dans les quartzites pauvres en dumortiérite sont intercalés des quartzites à plus gros grain renfermant un petit nombre de cristaux de lazulite qui atteignent plus de 1^{cm} de diamètre; leur couleur est d'un bleu de Prusse extrêmement foncé : leur forme est peu distincte, mais on y reconnaît des faces $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$; ces quartzites à lazulite rappellent ceux des Graves Mountains, en Géorgie (États-Unis).

Au milieu des roches qui viennent d'être décrites, se voient, intercalées ou transversales, des veines de quartz à grands éléments contenant soit de la dumortiérite, soit de la lazulite; ces minéraux n'y sont jamais associés. La dumortiérite constitue des masses fibreuses ou parallèles, à disposition radiale dont les fibres atteignent 2^{cm} de longueur. Elles sont quelquefois asbestiformes, plus souvent elles sont constituées par l'association de fibres très fines (à peine colorées dans les lames minces en rosé suivant n_p) et d'autres, plus grosses, d'un bleu extrêmement intense. Les sections transversales de celles-ci présentent une particularité qui n'est pas nouvelle, mais qui n'a été observée jusqu'ici que dans la dumortiérite de l'Ashby Township (Addington Cy, Ontario) [1]; leur contour est hexagonal;

---

[1] T.-L. Walker, *University of Toronto Studies* (*Geolog. Series*, n° 14, 1922, p. 80).

comme ces sections sont perpendiculaires à n_p (bissectrice aiguë), elles sont complètement incolores et contrastent par suite avec les sections longitudinales qui sont bleu de Prusse foncé suivant n_p; elles présentent, en lumière polarisée parallèle, une division en six secteurs, chevauchant les uns sur les autres, et qui correspondent à des macles du type de la cordiérite et de l'aragonite. Le seul minéral accompagnant la dumortiérite est, là encore, l'hématite lamellaire.

La lazulite des veines quartzeuses est du type riche en fer décrit plus haut : sa couleur est parfois d'un bleu presque noir; l'examen microscopique y montre des macles polysynthétiques suivant $h^1(100)$; les cristaux sont rarement homogènes, ils ont été brisés par actions mécaniques et ils sont traversés en tous sens par des traînées du même minéral, à structure granoblastique, dues à une recristallisation après écrasement. Des phénomènes dynamiques ont d'ailleurs aussi laissé leur trace, dans les veines quartzeuses à dumortiérite dont les éléments sont fréquemment tordus ou écrasés.

La découverte en place de ces veines quartzeuses est intéressante en ce qu'elle fixe définitivement l'origine des cristaux ou fragments de cristaux de lazulite, atteignant parfois la grosseur du poing, que l'on rencontre assez fréquemment dans la région de Betafo, isolés dans la terre rouge et parfois dépourvus de toute gangue. Il faut, à tous égards, les comparer à ceux qui abondent dans les alluvions diamantifères de la province de Miñas Geraẽs, au Brésil, où je ne crois pas qu'on les ait jamais rencontrés en place.

Les observations qui viennent d'être consignées conduisent à quelques remarques plus générales. La présence d'une quantité notable d'acide borique dans la dumortiérite ne permet pas de penser que la roche qui renferme ce minéral soit un sédiment siliceux, simplement recristallisé à la façon des schistes cristallins; il est vraisemblable que sa transformation résulte d'une action pneumatolytique due au granite voisin et, si cette hypothèse est exacte, elle légitimerait l'opinion que j'ai formulée antérieurement au sujet de l'origine d'un quartzite à dumortiérite que j'ai eu l'occasion d'étudier en Californie, à Dehesa, près de San Diego; M. Schaller, qui l'a décrit le premier, lui donne une autre origine, éruptive. Il est à noter que dans le gisement où elle a été découverte pour la première fois, à Beaunant près Lyon, puis dans l'Ontario, à New-York, etc., la dumortiérite est un minéral de pegmatites. Si dans les quartzites d'Ankofa, il s'est produit de la dumortiérite, et non pas de la tourmaline, c'est à cause de la pauvreté du milieu en fer et en alcalis.

D'autre part, il est intéressant de noter l'association fréquente du disthène à la lazulite; elle est accidentelle à Ankofa, mais je l'ai rencontrée réalisée abondamment dans d'autres gisements malgaches, dépourvus de dumortiérite, soit dans des quartzites de la région du sud-ouest de Vohémar (il y existe aussi du spinelle pléonaste), soit dans les micaschistes des environs de Betafo (Ambohimanjaka, Andranomilevina). Cette même association s'observe dans les quartzites des Graves Mountains, dans les micaschistes d'Hörrsjöberg en Wermland; dans aucun de ces gisements l'on ne rencontre d'autre silicate d'alumine que le disthène; je n'ai observé la lazulite associée à la sillimanite que dans les quartzites du Mont Bity, à Madagascar. Il faut donc admettre que la lazulite est surtout un minéral de la zone moyenne des schistes cristallins, il peut même se former dans leur zone supérieure, car ce minéral se trouve dans plusieurs gisements alpins au milieu de veines quartzeuses traversant des schistes argileux.

Quant à la dumortiérite, elle accompagne indifféremment le disthène (Madagascar), la sillimanite (Tvedestrand, Norvège), l'andalusite (Équateur).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène. Actions catalytiques de divers composés azotés.* Note (¹) de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **Marius Badoche.**

Les substances azotées sur lesquelles nous avons recherché jusqu'ici la propriété catalytique dans les phénomènes d'autoxydation sont au nombre de 174. Les résultats relatifs à 27 corps azotés-iodés et à 15 corps azotés-sulfurés ont été communiqués antérieurement (²). Nous apportons aujourd'hui ceux que nous avons obtenus avec 83 nouvelles substances, dont la variété ressort de la nomenclature suivante :

Aniline, α et β naphtylamines, benzylamine et chlorhydrate; diéthylamine et chlo-

(¹) Séance du 2 août 1926.

(²) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 797; **178**, 1924, p. 824, 1497, 1862; **179**, 1924, p. 237. — Nous rappellerons que des actions antioxygènes de composés azotés ont été signalées dans divers Mémoires que nous avons cités précédemment, en particulier : sur le sulfite de sodium, par Bigelow (aniline), Young (alcaloïdes, hydroxylamine, cyanure de potassium), Titoff (nitrite de sodium), A. Lumière et Seyewetz (paraphénylène-diamine, amino-phénols, glycine, paraoxyphénylglycine), Dhar (sulfate ferro-ammoniacal); sur la soie, par Gianoli (thiourée, sulfocyanate d'Am.), Sisley (thiourée, sulfocyanate d'Am., hydroxylamine, etc.), Berg et Imoff (hydroxylamine), etc.;

rhydrate, méthylaniline, diphénylamine, αα- et ββ-dinaphtylamines, pipéridine et chlorhydrate, pyrrhol, indol, carbazol; triéthylamine, diméthylaniline, triphénylamine, pyridine et chlorhydrate, quinoléine et chlorhydrate. Paraphénylène-diamine, N-méthylparaphénylène-diamine, NN′-diméthylparaphénylène-diamine, benzidine, tétraméthyldiamino-diphénylméthane, carbonate de guanidine.

Ortho-, méta- et para-aminophénols, N-méthylpara-aminophénol, 2-4 diaminophénol-1; para-anisidine, paraéthoxyaniline, imino-1 oxy-2 phénylamino-4 naphtoquinone. Cétone de Michler.

Glycocolle, alanine, leucine, acide aspartique, créatine, acides ortho- et méta-aminobenzoïques, taurine, tyrosine.

Acétamide, benzamide, acide hippurique, oxamide, acide oxamique, acétanilide, N-méthylacétanilide, paraéthoxy-acétanilide, oxanilide. Urée, diphénylurée, N-méthyl-N′-acétylurée; acide parabanique, allantoïne, allophanate d'éthyle, murexide, acide diéthylbarbiturique, acide diallylbarbiturique; acide urique et sel ammoniacal, théobromine, caféine. Uréthane, phényluréthane. Paraphénylène-dibenzène sulfamide, NN′-diméthylpara-phénylène-dibenzènesulfamide. Succinimide, phtalimide, acide cyanurique, saccharine. N-acétyl-orthoaminophénol, orthoxy-phénylurée, paraéthoxyphénylurée, orthoxy-phényluréthane, diorthoxyphényloxamide sym.; oxycarbanile.

D'autre part, les corps autoxydables sur lesquels on a expérimenté (comme d'habitude, en tubes manométriques) sont les suivants :

Acroléine, aldéhyde benzoïque, furfurol, aldéhyde propylique, œnanthol, styrolène, essence de térébenthine, huile de lin, sulfite de sodium en solution aqueuse à 10 pour 100 (légèrement acide ou légèrement alcaline à la phénolphtaléine).

1. En principe, la fonction amine, qu'elle soit primaire, secondaire ou tertiaire, possède la propriété antioxygène, et celle-ci peut être parfois très élevée.

La diéthylamine et la triéthylamine exercent une action antioxygène intense vis-à-vis du styrolène et du furfurol à la dose de 1 pour 1000. Vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque à 1 pour 1000 et du sulfite de sodium à la concentration de 1 pour 100, la diéthylamine est très active; aux mêmes doses la triéthylamine est sensiblement moins active.

Les amines aromatiques nucléaires (aniline et congénères) sont généralement très actives. Ainsi, avec l'aniline à $\frac{1}{1000}$, on a constaté, dans tous les cas, au moins un ralentissement de l'oxydation, et, dans certains (acroléine, furfurol), une action

---

sur le caoutchouc, par Helbronner (para-aminophénol, glycine), Cadwell (amines, phénylhydrazine, para-aminophénol), etc. En outre nos travaux sur l'autoxydation et l'action antioxygène ont provoqué différentes recherches sur le même sujet, en vue surtout d'applications pratiques : mentionnons le travail de A. Gillet (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1402), le Mémoire de Bierer et Davis (*Ind. and Eng. Chem.*, 16, 1924, p. 711) et le tout récent Mémoire d'Otto M. Smith et Robert Eri Wood (*Ind. and Eng. Chem.*, 18, 1926, p. 691).

importante. Les amines secondaires se montrent, en général, plus actives que les amines primaires et que les amines tertiaires : ainsi, par exemple, la diphénylamine et la monométhylaniline stabilisent pratiquement l'acroléine à la dose de $\frac{1}{10000}$, tandis qu'il faut environ 10 fois plus (dose $\frac{1}{1000}$) d'aniline, de triphénylamine et de diméthylaniline pour avoir le même effet. Les $\alpha\alpha$- et $\beta\beta$-dinaphtylamines, à 1 pour 1000, sont de bons stabilisateurs de l'acroléine, de l'aldéhyde benzoïque et du styrolène. Notons, comme particularité, que la diméthylaniline accélère l'oxydation du styrolène.

Les bases cycliques où l'azote fait partie du noyau sont généralement moins actives que les précédentes. Avec des doses de catalyseur de $\frac{1}{1000}$, l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque est ralentie considérablement par le carbazol, moins par l'indol et le pyrrhol, notablement par la pipéridine; la pyridine et la quinoléine, par contre, étaient sans action. La pipéridine, la pyridine, la quinoléine, le pyrrhol, l'indol, à 1 pour 1000, produisent un effet antioxygène important sur le furfurol.

Des effets antioxygènes plus ou moins accentués ont été également observés sur les autres corps autoxydables. Notons toutefois une action pro-oxygène de la pyridine, à 1 pour 100, sur la solution légèrement acide de sulfite de sodium, et de la même base, à $\frac{1}{1000}$, sur le styrolène (après une période d'inertie de quelques semaines).

La paraphénylène-diamine est très active. Ainsi avec l'acroléine, à la dose de $\frac{1}{400000}$, on a observé un arrêt pratiquement complet de l'oxydation pendant 12 jours, après quoi l'oxydation s'est produite à l'allure du témoin ; à la dose de $\frac{1}{10000}$, la protection a été complète pendant les 23 jours qu'a duré l'observation. Avec les autres corps autoxydables (sauf l'huile de lin, sur laquelle on n'a pas fait d'essai), le ralentissement, à la dose de $\frac{1}{1000}$, était toujours notable.

La N-méthyl et la NN'-diméthylparaphénylène-diamine, à la concentration de $\frac{1}{1000}$, ont été trouvées très actives avec l'acroléine, l'aldéhyde benzoïque, le furfurol, le styrolène; l'action sur l'acroléine était déjà très intense à 1 pour 10000.

La benzidine à $\frac{1}{100}$ a ralenti notablement l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque. Le tétraméthyldiamino-diphénylméthane à $\frac{1}{100}$ empêche totalement l'oxydation de l'aldéhyde benzoïqne et du styrolène.

Certaines bases condensant l'acroléine en résine soluble, nous avons dû opposer à cette aldéhyde leurs sels. Les chlorhydrates de diéthylamine et de pipéridine, employés à la dose de 1 pour 1000 (une partie seulement du sel était dissoute), la protègent bien contre l'oxydation. Celle-ci est ralentie pendant 15 heures, puis accélérée, par le carbonate de guanidine à 1 pour 100. Les sels d'autres bases se sont montrés peu actifs ou sensiblement inactifs (peut-être en raison de leur faible solubilité).

La cétone de Michler, à 1 pour 100, a produit un ralentissement important de l'oxydation des aldéhydes propylique et benzoïque. En l'opposant au styrolène, on n'a d'abord observé aucune action pendant 20 jours, après quoi l'on a constaté une accélération.

2. La fonction phénol et la fonction amine, quand elles sont présentes dans la même molécule, paraissent en général « s'accorder ».

Les ortho-, méta- et para-aminophénols se sont montrés antioxygènes très actifs vis-à-vis des corps auxquels on les a opposés : acroléine, aldéhyde benzoïque,

œnanthol, furfurol, styrolène, essence de térébenthine, sulfite de sodium, huile de lin. Ces trois catalyseurs protègent complètement l'acroléine à la dose de 1 pour 10000, le seuil de l'activité pour le plus actif, le para-aminophénol, étant aux environs du millionième; opposés à l'aldéhyde benzoïque, ils en ralentissent déjà nettement l'oxydation à la dose de 1 pour 100000.

Le N-méthylpara-aminophénol ralentit d'une manière importante l'oxydation de l'acroléine à la dose de 1 pour 10000; le diamino-2.4-phénol-1 a produit, à la même dose, un arrêt complet de l'oxydation pendant 3 jours, après quoi l'oxydation a commencé brusquement.

L'imino-1-oxy-2-phénylimino-4-naphtoquinone (de Wahl) est un excellent antioxygène, à 1 pour 1000, de l'aldéhyde benzoïque.

La para-anisidine et la para-éthoxyaniline ont donné, à 1 pour 10000, une bonne stabilisation de l'acroléine. A la dose de 1 pour 1000, la para-éthoxyaniline ralentit d'une manière importante l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque.

3. Vis-à-vis de l'acroléine, employés à la dose de 1 pour 100, le glycocolle, l'alanine, l'acide aspartique, la tyrosine, la créatine, la taurine, se sont montrés sensiblement inactifs. Cela semblerait indiquer que le voisinage d'une fonction acide contrarie l'action de la fonction amine (1). Nous avons constaté toutefois que les acides ortho- et méta-aminobenzoïques, à la dose de 1 pour 1000, ralentissent assez fortement l'oxydation de la même substance.

Vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque, à la dose de 1 pour 100, l'action du glycocolle, de la tyrosine, de l'acide aspartique, est faible ou nulle; l'alanine et la leucine exercent une action antioxygène importante.

Avec la solution alcaline de sulfite de sodium, le glycocolle, à 1 pour 100 et même à 1 pour 1000, produit un ralentissement notable; l'alanine, la leucine et la tyrosine sont peu actives. Sur les solutions légèrement acides les actions sont notablement plus faibles.

4. On peut dire qu'en principe la fonction amide paraît peu active.

C'est sur l'acroléine qu'ont été faits les essais les plus nombreux. Nous lui avons opposé la plupart des amides simples ou de leurs dérivés plus ou moins compliqués mentionnés ci-dessus. A la dose de 1 pour 100, leur action a été, en général, à peu près nulle. Notons que la benzamide a paru légèrement accélératrice (2) et la NN'-diphénylurée légèrement ralentissante, et qu'avec la caféine on a observé d'abord un arrêt de l'oxydation pendant quelques jours et qu'ensuite l'absorption d'oxygène s'est effectuée à la même vitesse que dans le cas du témoin.

L'acétamide, à 1 pour 100, est sans action sur l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque

---

(1) Certains acides α-aminés ne sont que partiellement dissous, ce qui contribue à diminuer leur action. La tyrosine, en particulier, est loin d'être soluble à 1 pour 100 dans l'acroléine, pas plus d'ailleurs qu'elle ne l'est, à la même dose, dans l'aldéhyde benzoïque et la solution de sulfite de sodium, dont nous parlons ci-dessous.

(2) L'acétamide à 1 pour 1000 condense l'acroléine en résine soluble.

et du sulfite de sodium. La benzamide, opposée, à 1 pour 100, à l'aldéhyde benzoïque, n'exerce qu'une faible action, d'abord ralentissante puis accélératrice. L'uréthane, à 1 pour 100, ralentit légèrement l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque, notablement celle du sulfite de sodium en solution alcaline, tandis que l'action sur la solution acide est pratiquement nulle. A la même dose, la diphénylurée ralentit fortement et l'acide parabanique faiblement l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque, l'acide parabanique ralentit notablement l'oxydation du sulfite de sodium en solution alcaline, tandis qu'il est sensiblement sans action sur la solution acide.

Comme on pouvait s'y attendre, la fonction phénol libre, quand elle est présente dans la molécule, produit son influence.

Ainsi l'orthoacétylaminophénol, à 1 pour 1000, ralentit d'une manière importante l'oxydation de l'acroléine; l'orthoxyphényluréthane et l'orthoxyphénylurée à 1 pour 1000 sont de bons stabilisateurs de l'acroléine, et ils en ralentissent notablement l'oxydation à 1 pour 10000; l'orthoxyphényluréthane, à 1 pour 1000, protège bien l'aldéhyde benzoïque et retarde nettement l'oxydation de l'huile de lin; la diorthoxydiphényloxamide, à 1 pour 1000, est un bon stabilisateur de l'acroléine.

L'activité de la molécule diminue plus ou moins notablement si l'on bloque la fonction phénol. Ainsi, opposées à l'acroléine à la dose de 1 pour 1000, la paraéthoxyacétanilide est sensiblement sans action et la paraéthoxyphénylurée n'est que faiblement active (son action ralentissante est nettement plus forte à 1 pour 100); cette dernière substance produit un ralentissement important de l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque à la dose de 1 pour 100, et son action est encore notable à 1 pour 1000. Par contre, l'oxycarbanile, à 1 pour 1000, est sans action sur l'oxydation de l'acroléine.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Lyon*, 1906-1926. Volume publié à l'occasion du Cinquantième Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences. (Offert par le *Comité local*, auquel est due sa rédaction.)

2° *Livre d'or de l'Exposition. Pézenas*, 1925. *Hommages décernés à l'Ingénieur* Bernard Vigan, 31 *mai* 1925 *et au Chimiste* Gabriel-François Venel, 1er *juin* 1925.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les opérations fonctionnelles linéaires échangeables avec la dérivation et sur les zéros des polynomes.* Note [1] de M. G. Pólya, transmise par M. J. Hadamard.

I. Le champ fonctionnel envisagé est l'ensemble des polynomes. Nous considérons une opération fonctionnelle **L** déterminée par la donnée d'une suite infinie de constantes l_0, l_1, ..., l_n, ... et transformant un polynome quelconque $f(z)$ en

$$\mathbf{L}f(z) = l_0 f(z) + l_1 f'(z) + l_2 f''(z) + \ldots.$$

En introduisant **D**, symbole de la dérivation et la série

$$\mathrm{L}(x) = l_0 + l_1 x + l_2 x^2 + \ldots$$

(qui peut être divergente), on peut aussi écrire

$$\mathbf{L}f(z) = \mathrm{L}(\mathbf{D})f(z).$$

Problème. — *Déterminer la transformation* **L** *la plus générale qui conserve un domaine convexe donné* K *en ce sens que toutes les racines de* $\mathbf{L}f(z)$ *se trouvent en* K *si toutes les racines de* $f(z)$ *y sont situées.*

Si K est fini, toutes les constantes l_0, l_1, l_2, ... s'annulent, sauf une.

Si K est infini, supposons qu'il contient l'origine. (S'il ne la contient pas, on lui fait subir un déplacement parallèle préalable.) L'ensemble des demi-droites issues de l'origine et contenues dans K couvre un domaine A. A est soit une demi-droite, soit une droite, soit un angle d'ouverture $\leqq \pi$, selon les cas. La condition nécessaire et suffisante cherchée peut être exprimée de trois manières différentes :

I. Les racines de $\mathbf{L}z^n$ sont contenues dans A, $n = 1, 2, 3, \ldots$.

II. La série $\mathrm{L}(x)$ converge partout et représente soit un polynome dont toutes les racines sont contenues dans $\overline{\mathrm{A}}$, symétrique de A par rapport à l'axe réel, soit une fonction entière limite de polynômes de cette espèce.

III. Enfin, on peut exprimer la condition en question en donnant la décomposition de $\mathrm{L}(x)$ en facteurs. Par exemple, si K est le demi-plan inférieur où $\mathrm{I}z$ (partie imaginaire de z) est $\leqq 0$, nous obtenons

$$\mathrm{L}(x) = l\, e^{-\gamma x^2 + \beta x} x^q \prod \left(1 - \frac{x}{\alpha_n}\right) e^{\frac{x}{\alpha_n}},$$

---

[1] Séance du 9 août 1926.

le produit étant fini ou absolument convergent, $I\alpha_n \geqq 0$, $\Sigma I \frac{1}{\alpha_n}$ convergente et $\geqq - I\beta$, γ réel et $\geqq 0$.

2. La classe des fonctions entières rencontrées au problème précédent est intéressante à plusieurs titres.

Si une suite de polynomes converge uniformément dans un cercle entourant l'origine, vers une fonction limite qui ne s'annule pas identiquement, et si les racines des polynomes sont contenues dans un angle dont le sommet est l'origine et l'ouverture $\leqq \pi$, la suite convergera partout et la fonction limite sera de la classe envisagée et en particulier de l'ordre $\leqq 2$. Mais si l'ouverture de l'angle surpasse π, rien d'analogue ne se produit : la suite peut diverger dans une partie du plan et, si par hasard elle converge partout, la fonction limite peut être d'ordre infini.

La classe de fonctions envisagée intervient dans une foule d'autres problèmes analogues au précédent ([1]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le rayon de convergence et sur les singularités de certains développements tayloriens et des fonctions analytiques qu'ils définissent.* Note ([2]) de M. **Silvio Minetti**, transmise par M. Hadamard.

1. Je vais exposer ici un autre résultat ([3]) que j'ai obtenu en suivant mes recherches sur la relation entre le rayon de convergence des développements tayloriens $\Sigma a_n z^n$, où le coefficient général a_n est la valeur qu'acquiert pour n entier positif une fonction $g(n)$ transcendante entière, les singularités des fonctions analytiques qu'ils définissent, le genre et l'ordre de $g(n)$.

Plus précisément, j'ai démontré le théorème suivant :

Théorème. — *Si $f(z)$ est une fonction analytique régulière autour du point $z = 0$, et si $\Sigma a_n z^n$ est son développement en série de puissances de z dans le domaine de ce point, le coefficient général a_n étant la valeur que pour n entier positif acquiert une fonction $g(t)$ transcendante entière du genre* $K = 0$,

([1]) Voir aussi G. Pólya et I. Schur, *Journal f. d. reine u. angew. Math.*, 144, 1914, p. 89-113.

([2]) Séance du 9 août 1926.

([3]) Voir Minetti, *Sur le rayon de convergence et sur les singularités d'une classe de fonctions analytiques définies par le développement de Taylor* (*Comptes rendus,* 182, 1926, p. 1595).

et d'ordre $\rho < 1$, c'est-à-dire de la forme

$$g(t) = e^{(\beta_0+\beta_1 t)} \prod_1^\infty \left(1 - \frac{t}{a_i}\right),$$

le rayon de convergence du développement $\Sigma a_n z^n$ *est* $R = e^{-\beta_1}$, *et le point* $z = e^{-\beta_1}$ *est certainement singulier sur le cercle de convergence.*

2. Pour le démontrer, nous partons de la formule de Cauchy-Hadamard

$$\frac{1}{R} = \overline{\lim_{n \to \infty}} \left| \sqrt[n]{a_n} \right|,$$

et nous établissons :

1° Qu'il existe une valeur de n à partir de laquelle $\left|\sqrt[n]{a_n}\right|$ est constamment inférieur à $e^{-\beta_1} + \varepsilon$, et cela à l'aide d'un théorème de Schaper-Borel (1);

2° Qu'il existe une infinité de valeurs de n (naturellement entières et positives) pour lesquelles $\left|\sqrt[n]{a_n}\right|$ est constamment supérieur à $e^{-\beta_1} - \varepsilon$.

Pour cette deuxième partie, qui constitue le point capital de la démonstration, je me suis servi du deuxième théorème que M. Hadamard établit dans son Mémoire fondamental sur les *Fonctions entières*, couronné en 1892 par l'Académie (2).

Ce théorème, dont on a déjà fait de nombreuses et de très importantes applications, va se manifester toujours plus, d'une importance vraiment capitale.

Pour démontrer enfin la singularité du point $z = e^{-\beta_1}$, j'ai fait usage encore d'une décomposition de Poincaré, comme dans mon précédent travail, et j'ai appliqué ensuite un théorème bien connu de M. Fabry.

---

(1) Voir BOREL, *Leçons sur les Fonctions entières*, 1900, p. 61.

(2) Pour ce théorème, voir aussi BOREL, *Leçons sur les Fonctions entières*, 1900, p. 76.

ÉLASTICITÉ. — *Disque d'épaisseur constante ou variable en rotation uniforme ou accélérée.* Note [1] de M. CARL A. GARABEDIAN, transmise par M. Mesnager.

En appliquant au problème du disque tournant la méthode de série dont j'ai déjà donné l'essentiel [2], on parvient à des solutions bien connues ainsi qu'à certains résultats qui paraissent être nouveaux.

I. *Cas du régime de rotation uniforme.* — Soient ρ la densité, ω la vitesse de rotation; on trouve pour le disque dont les faces $z = \pm h$ (const.) sont libres [3], les déplacements

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} U = U_{0b} + \dfrac{\sigma(1+\sigma)}{6E} \rho\omega^2 r(h^2 - 3z^2), \\ U_{0b} = C_1 r + \dfrac{C_2}{r} + qr^3, \qquad q = -\dfrac{1-\sigma^2}{8E}\rho\omega^2, \\ w = -\dfrac{\sigma}{1-\sigma} U^*_{0b} z - \dfrac{\sigma^2(1+\sigma)}{3(1-\sigma)E}\rho\omega^2 z(h^2 - z^2), \qquad U^*_{0b} = \dfrac{1}{r}(rU_{0b})', \end{array} \right.$$

U_{0b} étant la solution du disque mince. Posant une pression p_0 (négative pour une turbine) sur le cylindre extérieur, de rayon r_0, et une pression p_1 sur le cylindre intérieur, de rayon r_1, il vient [4]

$$(1\ bis) \quad \left\{ \begin{array}{l} C_1 = -\dfrac{1-\sigma}{E}\dfrac{P_0 - Rp_1}{1-R} - \dfrac{3+\sigma}{1-\sigma}(1+R)r_0^2 q \\ C_2 = -\dfrac{1+\sigma}{E}\dfrac{P_0 - p_1}{1-r} R r_0^2 - \dfrac{3+\sigma}{1-\sigma} R r_0^4 q \end{array} \right. \qquad R = \frac{r_1^2}{r_0^2}.$$

Chree et Love [4] ont donné cette solution du disque épais sous des formes moins générales, et Purser [5] a montré comment compléter une solution de ce genre en s'affranchissant de la répartition parabolique des réactions.

---

(1) Séance du 9 août 1926.

(2) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 942; **178**, 1924, p. 619; **179**, 1924, p. 381; **180**, 1925, p. 257; **181**, 1925, p. 319.

(3) Touchant ce problème, voir LECORNU, *Comptes rendus*, **123**, 1896, p. 96; **182**, 1926, p. 1253 et 1361; PLATRIER, *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 169.

(4) Ajoutons que cette solution du disque mince se compose de la somme algébrique de deux solutions indépendantes : solution d'un disque en rotation d'une part et solution d'un disque en équilibre d'autre part.

(5) LOVE, *The Mathematical Theory of Elasticity*, 1920, p. 143-145.

Quand l'épaisseur est $2\alpha(r)$, donc variable, notre méthode donne pour préciser le premier terme du déplacement radial l'équation de Stodola [1]

$$(2) \qquad U''_{0b} + \left(U'_{0b} + \sigma \frac{U_{0b}}{r}\right)\frac{\alpha'}{\alpha} - 8qr = 0;$$

on y joint les formules usuelles pour les tensions. En outre on a, pour déterminer les termes d'ordre plus élevé, une suite d'équations qui ressemblent chacune à (2) en ce qui concerne le membre homogène. (Les séries pour les tensions sont faites de termes dont également la partie homogène conserve toujours sa forme.) Remarquons que ces termes plus éloignés dans la solution en série nous fournissent un moyen de juger la précision de l'approximation qu'on fait en employant l'équation (2) seulement.

II. *Cas du régime varié.* — En raison du caractère linéaire des équations fondamentales, on peut traiter séparément le cas où la force d'inertie tangentielle seule est en jeu, et puis ajouter les résultats aux formules déjà trouvées. On profite ainsi du fait que l'accélération de rotation n'influe pas sur les tensions radiale et méridienne.

L'épaisseur étant constante, on a pour le déplacement méridien :

$$(3) \qquad V \equiv V_{0b} = \frac{D_2}{r} + \frac{\rho\dot{\omega}r^3}{8\mu},$$

laissant de côté un terme en $D_1 r$ qui correspond à une rotation d'ensemble du corps. La matière extérieure à un cylindre de rayon r exerce sur la matière intérieure un effort tangentiel

$$(4) \qquad S = 2h\mu\left(V'_{0b} - \frac{V_{0b}}{r}\right),$$

dirigé suivant les sens des angles croissants. Soient S_0, S_1 les efforts tangentiels (supposés uniformément répartis) aux pourtours, on trouve

$$(5) \qquad \left\{\begin{aligned} V_{0b} &= \frac{1}{r}\left[\frac{\rho\dot{\omega}r_1^4}{8\mu} + \frac{S_1 r_1^2}{4h\mu}\right] + \frac{\rho\dot{\omega}r^3}{8\mu}, \\ S_0 r_0^2 + S_1 r_1^2 &= \frac{2h\rho\dot{\omega}}{4}(r_0^4 - r_1^4). \end{aligned}\right.$$

L'interprétation de (5) convient au problème étudié. S'il s'agit d'une

[1] Cette équation du disque mince d'épaisseur variable a inspiré des articles trop nombreux à détailler ici. On doit mentionner spécialement : STODOLA, *Die Dampf. und Gasturbinen;* FISCHER, *Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur-u. Architekten-Vereines*, 74, 1922, p. 46 et 71.

turbine, S_0 est transmis par la couronne des aubes; s'il est question d'une meule, S_1 est transmis par l'arbre, etc. Pour passer au cas d'un disque plein, on n'a qu'à faire $r_1 = 0$ dans (5); on aboutit encore au même résultat en partant de (3) avec $D_2 = 0$.

Finalement, on a pour le disque d'épaisseur variable une suite d'équations dont la première, analogue à (2), est

$$V_{0b}^{\star\prime} + \left(V_{0b}' - \frac{V_{0b}}{r}\right)\frac{\alpha'}{\alpha} - \frac{\rho\dot{\omega}r}{\mu} = 0. \tag{6}$$

Dans la série pour la tension tangentielle, le premier terme est (4) avec h remplacé par α. L'intégration de (6) s'accomplit par les méthodes applicables à (2). Il est possible de l'effectuer pour un nombre de profils intéressants, mais, faute de place, nous ne pouvons pas insister davantage sur ce sujet.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'arrivée dans le système solaire d'un astre étranger.* Note [1] de M. N. **Boneff**, transmise par M. Hadamard.

Dans une Note récente [2], sous le même titre que celle-ci, M. Chazy expose des conséquences curieuses relatives à l'arrivée d'un astre étranger dans le système solaire supposé réduit à deux corps, le Soleil et Jupiter. Ces conséquences sont basées sur ses études sur les trajectoires du problème des trois corps dans l'hypothèse où aucun choc ne se produit. Dans la présente Note nous allons exposer brièvement une méthode pour calculer approximativement l'orbite de l'astre étranger E, en admettant non seulement qu'il ne se choque pas avec les corps du système solaire S, mais qu'il en reste en général assez éloigné. Nous admettrons aussi que le corps étranger a une vitesse propre assez grande. Le nombre des corps perturbateurs peut être supposé quelconque, mais nous n'aurons à utiliser comme on le verra qu'*une seule* fonction perturbatrice.

Prenons le centre de gravité O du système solaire comme origine et ses trois axes principaux d'inertie comme axes de coordonnées. Soient r la distance OE, M la masse totale des corps du système solaire, A, B, C les moments principaux d'inertie de S par rapport à Ox, Oy, Oz. Soient de plus m la masse de E, α, β, γ les angles formés par OE avec les axes, m' la

(1) Séance du 9 août 1926.
(2) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1307.

masse d'un des corps de S, r' et ρ ses distances respectives de O et de E(x, y, z), et enfin P le pied de la perpendiculaire abaissée par m' sur OE. Développant

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{r}\left(1 + \frac{r'^2}{r^2} - 2\,\frac{\mathrm{OP}}{r}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

jusqu'aux termes du second ordre en $\frac{r'}{r}$ et $\frac{\mathrm{OP}}{r}$, on a pour le potentiel V de S sur m

$$\mathrm{V} = m\sum \frac{m'}{\rho} = \frac{m\mathrm{M}}{r} + \frac{1}{2}\,\frac{m}{r^3}[\cos^2\alpha(\mathrm{B}+\mathrm{C}-2\mathrm{A}) + \cos^2\beta(\mathrm{C}+\mathrm{A}-2\mathrm{B}) + \cos^2\gamma(\mathrm{A}+\mathrm{B}-2\mathrm{C})]$$

et par conséquent on pourrait considérer le mouvement keplérien de E autour du centre de gravité de S où toute sa masse serait concentrée comme troublé par une force perturbatrice dont la composante suivant l'axe des x est

$$\mathrm{X} = -\frac{3}{2}\,\frac{mx}{r^5}\left\{\mathrm{B}+\mathrm{C}-2\mathrm{A} + \frac{5}{r^2}[y^2(\mathrm{A}-\mathrm{B}) + z^2(\mathrm{A}-\mathrm{C})]\right\}.$$

On obtiendrait les deux autres composantes par un changement cyclique.

Supposons maintenant qu'on se propose d'étudier l'orbite de E pendant un intervalle de temps T assez grand. Les quantités A, B, C sont des fonctions assez compliquées du temps, ce qui rendrait difficiles les intégrations qu'on aurait à effectuer appliquant la méthode de la variation des constantes arbitraires. Divisons alors T en intervalles suffisamment petits τ_i et considérons les valeurs A_i, B_i, C_i calculées pour des moments quelconques dans ces intervalles comme constantes pendant les τ_i respectifs, ce qui revient à supposer que pendant les mêmes τ_i les corps du système solaire sont *immobiles*. Cette dernière hypothèse est complètement compatible avec celles relatives à la distance et à la vitesse de E que nous avons admises plus haut.

Si E est à un certain instant assez voisin de S, il faudrait procéder de la manière ordinaire en calculant séparément les actions perturbatrices des différents corps *mobiles* de S. Dans la période intermédiaire on aurait pu encore utiliser l'unique fonction perturbatrice, mais complétée par de nouveaux termes provenant du développement de $\frac{1}{\rho}$, faisant en même temps convenablement plus petits les intervalles τ_i.

C'est Charlier ([1]) à qui l'on doit l'idée de considérer le mouvement d'un corps de masse faible qui parcourt un système double avec une grande vitesse propre comme tel d'un corps attiré d'après la loi de Newton par deux centres fixes. Mais dans ce cas on peut arriver comme on le sait à une intégration rigoureuse à l'aide des fonctions elliptiques.

OPTIQUE. — *L'expérience de Michelson, réalisée en ballon libre.* Note ([2]) de MM. A. **Piccard** et E. **Stahel**, transmise par M. Pierre Weiss.

Depuis l'expérience de Michelson, démontrant que la vitesse de la lumière, mesurée sur la Terre, n'est pas affectée par le mouvement de la Terre dans l'espace, on a pensé, à diverses reprises, répéter à grande altitude cette expérience qui est à la base de la relativité d'Einstein. Dernièrement Miller a, dans différentes conditions, signalé un léger effet du mouvement de la Terre, dû à ce que l'éther ne serait pas complètement entraîné par la Terre. Si cet effet existe, il est à prévoir qu'il serait plus grand dans l'atmosphère libre que sur le sommet d'une montagne. C'est dans cette idée que l'Université de Bruxelles a entrepris une série de recherches en ballon libre.

Une première ascension a eu lieu dans la nuit du 20 au 21 juin 1926, avec le ballon *Helvetia* (2200^{m^3} d'hydrogène).

L'interféromètre Michelson à réflexion multiple (neuf miroirs), avec un chemin optique de 280^{cm} dans chaque branche, était placé dans un thermostat. Comme source de lumière nous employions la ligne bleue 4358 de mercure. Les franges d'interférences, ainsi qu'un repère fixe, placé sur le dernier miroir, étaient continuellement enregistrées sur un film en mouvement. Des signaux lumineux indiquent les azimuts. La rotation de l'instrument était produite par deux moteurs électriques avec hélices, donnant à tout le ballon une vitesse de rotation de 2 à 3 tours à la minute. La symétrie parfaite était ainsi réalisée.

Nous avons effectué, à 2500^{m} d'altitude, à $50°45'$ de latitude nord et à $5°20'$ de longitude est de Greenwich, quatre séries d'expériences entre $0^{h}41^{m}$ et $3^{h}23^{m}$, heure d'été belge, comprenant en tout 96 tours du ballon enregistrés d'une façon satisfaisante. Un vent d'éther de 30 km/sec

---

([1]) Charlier, *Die Mechanik des Himmels*, 1, p. 157.

([2]) Séance du 9 août 1926.

(vitesse de la Terre autour du Soleil) devrait dans notre appareil se manifester par un mouvement sinusoïdal des franges d'interférences avec une période entière correspondant à un demi-tour du ballon et une amplitude de 0,064 unité ($u =$ distance entre deux franges consécutives). Si l'on comptait le mouvement du Soleil par rapport aux nébuleuses (vitesse environ 200 km/sec), le vent d'éther total produirait un mouvement de plusieurs unités.

Nous avons analysé à la machine à diviser les 96 tours enregistrés et nous avons calculé par la méthode des moindres carrés la sinusoïde de la période donnée qui s'adapte le mieux aux points observés. Son amplitude est de 0,0034 unité avec une erreur probable du même ordre de grandeur (7 km/sec).

Une série d'observations à 11^h du matin à 4500^m d'altitude, faite par observation directe à l'œil, n'a pas révélé non plus de mouvement des franges, mais ceci avec une précision qui n'était que d'un dixième d'unité.

Nous n'avons donc pas pu déceler un vent d'éther. Toutefois, notre limite de précision ne suffit pas pour confirmer ou réfuter les mesures de Miller au Mount Wilson. Nous pouvons seulement dire que, si le vent d'éther de Miller existe, *il n'a pas augmenté avec l'altitude* à l'heure et au lieu de l'observation, comme on aurait pu prévoir comme conséquence du fait que les observateurs étaient éloignés de la terre ferme.

La température exceptionnellement élevée le jour de l'ascension a empêché le thermostat de fonctionner normalement et a ainsi beaucoup diminué la précision de nos mesures. Nous nous proposons de reprendre les expériences avec un appareil plus perfectionné.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des nitriles par la réaction diazoïque.* Note (¹) de MM. **A. Korczynski** et **B. Fandrich.**

L'un de nous a montré avec ses collaborateurs (²) que le cyanure diazoïque fournit le nitrile correspondant sur l'action du cyanure nickeleux également comme sur l'action du cyanure cuivreux duquel on s'est servi en général en exécutant cette réaction.

Ce fait a été illustré par un petit nombre d'exemples et notamment par ceux que fournissent le benzonitrile et le *p*-tolunitrile.

(¹) Séance du 9 août 1926.

(²) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 182.

Il nous paru nécessaire de préparer de cette manière un plus grand nombre de nitriles pour démontrer que le benzonitrile et le *p*-tolunitrile ne représentent pas un cas exceptionnel ainsi que pour comparer le rendement de la réaction fourni par notre modification avec ce qui est obtenu par l'application du cyanure cuivreux.

On a procédé de la manière décrite dans la Note citée, c'est-à-dire que 1 grammolécule de l'amine en solution aqueuse de plus que 2 grammolécules du HCl a été traitée à 0° par 1 grammolécule de nitrite de soude dissous en eau et le produit fut versé dans la solution de 5 grammolécules de cyanure de potasse et de 1 molécule de chlorure nickeleux chauffé au bain-marie.

De cette manière, partant des amines correspondantes, ont été préparés les nitriles suivants : l'*o*- et *p*-tolunitrile, le nitrile *o*- et *p*-anisique, l'*o*- et *m*-chlorbenzonitrile, l'*o*- et *p*-brombenzonitrile. Dans tous ces cas les nitriles ont été séparés en distillant le produit de la réaction dans un courant de vapeur. La plupart des nitriles préparés au moyen du cyanure nickeleux distillent dans un courant de vapeur dans un état de plus grande pureté que ceux préparés au moyen du cyanure cuivreux. Par cette circonstance on doit expliquer sans doute ce fait, que le point de fusion de quelques nitriles obtenus par nous a été plus élevé que celui, noté dans la littérature, que nous donnons entre parenthèses.

Le nitrile *o*-chlorbenzoïque, p. f. 43-44° (42-43°);

Le nitrile *o*-brombenzoïque, p. f. 53° (51°).

Le nitrile *m*-chlorbenzoïque, p. f. 40°,5 (39°).

Pour ce qui est du rendement il faut souligner qu'en se servant du cyanure cuivreux on a obtenu 74 pour 100 du rendement en nitrile *o*-anisique et 85 pour 100 du rendement en nitrile *p*-brombenzoïque, tandis que le rendement obtenu au moyen du cyanure nickeleux s'exprime par 80 pour 100 dans le premier cas et 90 pour 100 dans le second.

La supériorité du cyanure nickeleux sur le cyanure cuivreux pourrait s'exprimer par le fait, qu'il reste en solution en présence de cyanure de potasse pris en excès dans cette réaction.

Les essais faits pour préparer les nitriles au moyen de cyanures de Fe, Cr, Mn, Zn, Mo, Cd, Sn, Th ont été sans résultat.

Ce qui nous paraît le plus important, c'est que, non seulement les sels cuivreux ont cessé d'être l'unique moyen d'effectuer la réaction de Sandmeyer, mais qu'ils ont cédé la priorité aux autres sels, dans quelques formes d'application de cette réaction. Les sels cuivreux sont un moyen

unique pour la transformation des chlorures et bromures diazoïques en hydrocarbures halogénés ainsi que pour la préparation des rodanures aromatiques, comme un de nous l'a démontré (1), le meilleur catalyseur est le sel ferrique, tandis que pour la formation des nitriles le sel nickeleux est le plus efficace.

GÉOLOGIE. — *Observations préliminaires sur la tectonique des Bouches de Cattaro.* Note (2) de M. JACQUES BOURCART.

L'interprétation de formes du terrain aussi étranges que les Bouches de Cattaro n'est possible qu'après une analyse tectonique de toute la région. Un premier essai analogue avait déjà été tenté en 1912 par Sawicki [Ludomiro cav. di SAWICKI, *Sulla morfologia delle Bocche di Cattaro* (*Riv. geografica italiana*, 19, I, 1912)], mais cet auteur se basait sur une connaissance stratigraphique insuffisante du pays. Dans une précédente Note (3), j'ai cherché à établir, au moins provisoirement, la succession des divers terrains qui y affleurent, ainsi que leur répartition en trois zones tectoniques : l'autochtone, celle du Cukali et la nappe des Alpes Albanaises.

L'autochtone (Crétacé et Éocène) forme d'abord un anticlinal presque NO-SE dont seul le flanc nord-est est conservé, qui se poursuit de la presqu'île de Sabbioncello jusqu'à Budua où il disparaît sous la mer. Un synclinal, dont on n'aperçoit en général que le flanc sud-ouest, lui fait suite vers l'intérieur. Il est lui-même recouvert, du nord-ouest vers le sud-est, tout d'abord, de Sabbioncello à Mrcine (Canali), par la nappe albanaise (III), puis par les écailles de la zone II, de ce village à Budua.

Tout le long de ce trajet, ces deux plis subissent d'importantes ondulations d'axe : A peine visible sous la nappe au nord de Raguse, l'anticlinal culmine au-dessus de cette ville au Monte Sergio (412^{m}), puis s'ennoie sous la mer au Val di Breno; il reparaît ensuite de l'écueil de Supetar (Cavtat) à l'entrée des Bouches (culminant 481^{m}). De l'autre côté de celle-ci, il subit un important décrochement et forme un grand arc, concave vers la mer, dont l'extrémité vers le détroit est recourbé en crochet. Le minimum

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 29, 1921, p. 283; 4e série, 31, 1922, p. 1179.
(2) Séance du 9 août 1926.
(3) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 220.

de poussée correspond à un ennoyage partiel à la baie de Traste. Le synclinal bartonien qui lui fait suite n'apparaît qu'en fenêtres au nord de Raguse; se poursuivant le long de l'Ombla maritime et de la vallée qui lui fait suite, il passe de 0^m à 257^m (Bergat), puis disparaît à peu près aussi sous la mer au Val di Breno. Il reparaît au delà, formant la dépression fermée des Canali, puis la vallée torrentielle de la Sutorina. Il faut chercher ensuite sa continuation dans les Bouches, dans la baie de Topla, le canal de Kumbur et la baie de Téodo (— 42). Il revient au jour pour former la dépression de la Župa et finalement s'ennoie sous la mer à Budua, comme l'anticlinal dont il a suivi les ondulations. Dans la Župa, le synclinal a été récemment fragmenté en écailles qui apparaissent, notamment aux îles Stradioto, curieusement allongées dans le sens du pli.

L'anticlinal est bordé vers la mer par la guirlande des îles ragusaines, qu'il chevauche à Raguse même. La trace d'une guirlande semblable, au nord des Bouches, est indiquée par les Pettini de Cavtat et les presqu'îles de Molonta et d'Ostro.

La caractéristique même des Bouches de Cattaro est donnée par l'importance qu'y prend la zone II (Trias moyen, brèches crétacées et flysch). Celle-ci apparaît, comme je l'ai dit, sous la zone III, à partir de Mrcine; réduite d'abord à une écaille Nord-Ouest-Sud-Est, elle forme au niveau des Bouches un bombement allongé, en S étirée, concave d'abord vers le Nord (Ercegnovi), puis vers le Sud (baie de Topla). Ce bombement est formé de deux écailles, puis de trois (Devesile, 781^m). Il est ensuite brusquement tranché par le détroit des Catene (— 36) d'une largeur moindre que 400^m, qui correspond à une faille. Au delà de cet accident, il se poursuit par le Vermač, d'abord constitué par deux, puis par une seule écaille. Au sud de Cattaro, cette dernière est fragmentée par des plans de chevauchement obliques. Les écailles sont en général séparées par du flysch.

La zone III, calcaire, chevauche d'abord la zone I puis, après son apparition, la zone II. La ligne de contact suit à peu près la courbure du bombement de celle-ci; elle est notamment parallèle à la côte sud du golfe de Cattaro. Autant qu'une étude rapide de son bord a pu me l'indiquer, cette zone me paraît fragmentée en grandes lames qui se chevauchent vers l'Est. Cette disposition est visible à Cattaro, Risano, Mrcine; elle paraît antérieure à la mise en place de la nappe.

On peut considérer la nappe et son substratum comme plissés, le golfe de Cattaro correspond à un synclinal de flysch de la zone II ici largement

découvert; son prolongement se retrouve même peut-être dans la dépression du lac de Scutari. Les plis de la nappe III ou de la zone II sont parallèles à ceux de l'autochtone, et leurs ondulations transversales se correspondent.

PÉDOLOGIE. — *Processus podzolique dans les sols sableux des Landes.* Note de M. V. **Agafonoff**.

Les sols podzoliques (podzols) couvrent presque tout le nord de l'Europe et de l'Asie jusqu'à la zone des toundras. Dans les couches compactes et humides des feuilles tombées des forêts mélangées et des forêts de conifères et dans la couche sous-jacente du sol (A), se forme l'humus très soluble, acide et non saturé de Ca, de Fe et de Al. Cet humus transforme en « sols » (suspensions colloïdales) organiques et minéraux les combinaisons de ces éléments de la couche B. Ces suspensions colloïdales descendent et se déposent plus bas sous forme de « gels » sur les grains de sable (couche D — alios — ortstein), ce qui appauvrit la couche B et la rend blanchâtre ou grisâtre. Ces processus podzoliques peuvent se produire dans la zone humide « podzolique » non seulement dans les sols sableux, mais aussi dans les sols argileux. Dans la partie septentrionale de la France, sous les forêts, on observe souvent les processus podzoliques, plus ou moins accentués, dans les sols sableux.

C'est dans les Landes que j'ai trouvé les sols podzoliques les plus typiques.

Dans le domaine de Bray (propriété de M. Nazot) à Pierroton (20^{km} au sud-ouest de Bordeaux), on peut voir la structure suivante du sol (du haut en bas) : horizon A (30-35^{cm} d'épaisseur), sable gris noirâtre; la loupe montre qu'il est formé du sable (sable des Landes) blanc mat, très grossier (voir tableau); les grains recouverts d'un enduit jaunâtre sont excessivement rares; on rencontre une grande quantité de particules noires formées par la poussière quartzeuse enveloppée de matière organique. Horizon B (25^{cm} d'épaisseur) appauvri, grisâtre, de même constitution, mais la quantité de la matière organique et de fer est très petite. Horizon C (5^{cm} d'épaisseur), sable *noir;* sous la loupe on peut voir que c'est le même sable des Landes, dont les grains sont couverts d'un enduit brunâtre; on rencontre les particules noires, comme dans la couche A, mais en quantité moindre. Horizon D (10^{cm} d'épaisseur), *alios*, jaune brunâtre, cimenté; sous faible

pression cet alios s'effrite en sable, le même que le précédent, mais un peu plus grossier (voir tableau); les grains des alios sont de dimensions plus uniformes que les grains de sable des autres couches et tous sont recouverts d'un enduit jaunâtre; les particules noires sont excessivement rares. Horizon E, sable jaunâtre, dont les grains sont parfois couverts d'enduit jaune clair. Ce sable passe successivement en sable blanc des Landes.

	Pierroton.								*Mont-de-Marsan, pr. Kaley.*				*Dc G*
	Sol. Horizon A.		Horizon B podzolique.	Horizon C, noir.		Horizon D, alios.		Sous-sol E sable des Landes.	Soluble dans l'acide (10 °/₀) chlorhydrique bouillante.				Sol. (10° driq
	Global.	Soluble dans HCl (10 °/₀).	Global.	Global.	Soluble dans HCl (10 °/₀).	Global.	Soluble dans HCl (10 °/₀).	Global.	Horizon A¹.	Horizon A².	Horiz. C noir.	Horiz. D alios.	Hor A.
Perte au feu....	5,14	–	1,12	8,72	–	3,55	–	1,19	0,87	0,96	1,25	1,56	1,
Humus........	n. dosé	»	»	(2,9)	»	(2)	»	n. dosé	»	»	»	»	»
SiO^2..........	91,20	»	96,08	89,19	»	93,02	»	»	»	»	»	»	»
Al^2O^3.........	2,17	0,16	1,97	0,93	0,8	1,11	0,59	»	0,21	»	0,32	0,56	0,
Fe^2O^3.........	0,48		0,30	0,08		1,13		0,97					
FeO...........	0,03	»	traces	0,01	»	0,03	»	0,01	»	»	»	»	»
MnO..........	0,01	»	traces	0,01	»	0,01	»	»	»	»	»	»	»
CaO...........	0,37	0,04	0,17	0,14	0,08	0,23	0,08	0,23	»	»	»	»	0,
MgO..........	0,11	»	0,06	0,04	»	0,12	»	0,11	»	»	»	»	»
CO^2..........	0,27	»	0,13	0,13	»	0,21	»	0,24	»	»	»	»	»
K^2O..........	0,09	»	0,07	0,13	»	0,06	»	»	»	»	»	»	»
Na^2O.........	0,06	»	0,05	0,25	»	0,03	»	»	»	»	»	»	»
Insoluble dans HCl (10 °/₀) bouillante....	»	94	»	»	90,2	»	95,4	»	98,83	98,54	97,5	96,9	97,
	99,93	99,34	99,95	99,91	99,80	99,50	99,62	–	99,91	99,52	»	99,02	99,
Terre fine (grains $<0^{mm},3$).....	7	–	»	8	–	1,3	–	»	8,8	»	8	5	17.
pH (méthode Comber).....	5	–	»	5	–	5-6	–	»	5-6	5	5	5-6	6-8

J'ai rencontré la même structure du sol podzolique près de Mont-de-Marsan (propriété de M. Kaley); mais ici la couche B n'est pas nette, elle est remplacée par les parties inférieures de la couche A (épaisseur $75\text{-}80^{cm}$), dans lesquelles on trouve des veines brunâtres; la couche C noire est plus épaisse (20^{cm}); la couche D, alios, se trouve placée plus profondément qu'à Pierroton (à $20^{cm}\text{-}1^{m},20$).

Le sol podzolique du plateau Gourbera (8^{km} au nord-nord-ouest de Dax) présente le même aspect, mais le sable est moins grossier (voir tableau); les grains d'alios sont couverts d'un enduit plus brunâtre que les grains

des alios précédents. Toutes ces différences sont confirmées par les analyses (voir tableau).

Dans les publications pédologiques je n'ai pas rencontré d'indications sur l'existence dans les sols podzoliques de couches analogues aux couches noires (C) des sols des Landes. Ces couches noires nous montrent que le processus de la coagulation des « gels » dans ces sols se fait en deux phases: pendant la première phase, ce sont les « gels » plus riches en humus et en alumine qui se déposent sur les grains de sable (couche noire); pendant la seconde phase ce sont les « gels » plus clairs (jaunâtres), plus riches en fer, qui se déposent (alios). Cette seconde phase — la formation d'alios — dépend aussi de la plus grande uniformité des dimensions des grains de sable d'alios qui facilite la cémentation.

On peut voir les détails de tous ces processus en comparant les résultats des analyses données plus haut et exécutées en collaboration de M. Pichard.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur « l'état brumeux » de l'atmosphère ou « air brumeux »*. Note [1] de M. GABRIEL GUILBERT.

Nous avons l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie sur *l'état brumeux* de l'air, autrement dit sur les différentes visibilités qui se remarquent dans l'atmosphère.

Sir Napier Ghaw, dans un Mémoire datant de février 1918, dit « que personne n'en a fait l'objet d'une étude particulière ». Il reconnaît que la question est très difficile.

M. Angot a écrit « qu'on n'est pas encore fixé sur la matière de la brume » et confond ainsi la brume, qui est un nuage, avec « l'air brumeux » qui n'en est pas. C'est la confusion habituelle des physiciens et des météorologistes. Or c'est une confusion inadmissible.

La brume et le brouillard sont de véritables nuages, formés de vapeur d'eau condensée, de globules liquides, nuages limités, aux contours vaporeux, mais distincts. Ils déposent de l'humidité, de la rosée, même de la brume et ne peuvent subsister que dans un air saturé. Un chaud rayon de soleil les disperse, mais tant qu'ils existent, si légers qu'ils soient, ils interceptent les rayons solaires. A travers brume ou brouillard, le disque seul du soleil apparaît.

---

[1] Séance du 9 août 1926.

Au contraire, l'air brumeux n'a rien d'un nuage. Il n'a ni forme ni contours. Quel que soit le manque de visibilité, l'opacité de l'air, il apparaît qu'on se trouve environné d'air sec. Les rayons du soleil restent éblouissants à travers une atmosphère souvent de teinte fuligineuse. Aucune trace d'humidité n'apparaît : l'air brumeux, contrairement à la brume, ne *mouille* pas.

On pourrait croire que l'air brumeux doit son existence à une grande proportion d'humidité, à un état hygrométrique élevé. L'observation prouve qu'il n'en est rien. La visibilité n'a aucune relation, de cause à effet, avec la proportion de vapeur d'eau.

En voici quelques exemples caractéristiques, faciles à multiplier :

Exemples de bonne visibilité.
Station aéronautique du Bourget : région industrielle.

1925.		État hygrométrique.	Visibilité.
	h		km
30 juillet :	18	90	12
31 juillet :	18	80	30
9 novembre :	10	94	10
9 novembre :	18	88	15

Exemple de bonne visibilité, par ciel pur.

20 novembre :	7	96	1
»	: 10	92	1
»	: 13	89	1,800
»	: 18	96	0,600

De ces exemples très nets, il résulte qu'à égalité dans l'état hygrométrique et par ciel également pur, *d'où insolation égale*, la visibilité peut varier dans le rapport de 1 à 15 et même davantage, et cela dans une région industrielle. Vers la mer ou la montagne, les écarts seraient encore plus marqués :

Les caractères spéciaux et caractéristiques de l'air brumeux doivent être fixés ainsi :

1° *L'air brumeux n'a jamais l'apparence du nuage, donc ni formes, ni contours;*
2° *Il est sans relation avec la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère;*
3° *Il s'observe, par conséquent, aussi bien par temps humide que par temps sec;*

4° *Il ne renferme ni globules ni gouttelettes liquides, donc ne dépose aucune humidité;*

5° *Il a lieu quelle que soit l'insolation, ou par ciel pur, ou par ciel couvert, quelle que soit la nature des nuages, brumes ou cirrus;*

6° *Il se présente partout, sur les mers, sur les plaines, sur les montagnes. Il apparaît sans limites visibles;*

7° *Il a lieu par temps calme ou par vents de tempête, indifférent à l'agitation de l'air;*

8° *Il se laisse, contrairement aux nuages aqueux, transpercer par les rayons solaires;*

9° *Il a lieu, quelle que soit la saison ou la température.*

Objectera-t-on que l'air brumeux est dû aux poussières industrielles, aux fumées d'usine principalement? Il sera facile de répondre que ces poussières ne se trouvent ni sur la mer ni dans les régions montagneuses, où l'air brumeux se remarque souvent. D'ailleurs la transparence de l'air sur les régions industrielles même est très variable, alors que la quantité de poussières est à peu près constante. Ces variations sont prévisibles parce que dues à des circonstances météorologiques, telles que direction des vents ou précipitations. Les poussières augmentent l'opacité de l'air brumeux, mais ne la créent pas à elles seules.

Il résulte de cette observation de l'atmosphère poursuivie depuis un demi-siècle, que l'air brumeux est un phénomène des plus remarquable, absolument inexpliqué, et même inexplicable d'après les données actuelles de la physique et de la météorologie.

A l'état normal, la vapeur d'eau est invisible et ne saurait troubler la transparence de l'air. Les faits prouvent qu'il en est bien ainsi, puisqu'un état hygrométrique élevé ne trouble pas cette transparence et permet la vision à de grandes distances.

Au contraire l'air brumeux, avec un état hygrométrique fort ou faible, détruit cette transparence.

Dans ces conditions, ou bien la vapeur d'eau subit une modification constitutive, ou bien le phénomène de l'air brumeux, de la visibilité atmosphérique, reste inexplicable.

ZOOLOGIE. — *De l'emploi des coccolithes par les Foraminifères arénacés pour l'édification de leurs tests.* Note [1] de M. E. Lacroix.

Les coccolithes, dont la présence est constante dans les dépôts marins les plus divers, n'ont jamais été signalés parmi les matériaux employés par les Foraminifères arénacés pour la construction de leurs tests. Nous pouvons aujourd'hui combler cette lacune.

Dans plusieurs échantillons de sables dragués par le *Pourquoi Pas?* au cours de sa campagne aux Iles Feroë (1924), que le Commandant Charcot nous a remis, nous avons rencontré des spécimens nombreux d'espèces arénacées chez lesquelles les grains de sable sont remplacés plus ou moins complètement par des coccolithes.

Les échantillons D^8 et D^9 (SW de Rockall, 57°32′ N, 14° W; profondeur 130^m) nous ont fourni une ample moisson de spécimens ainsi modifiés par l'intrusion des coccolithes. La substitution de ces corps discoïdes aux grains de sable atteint tous les degrés; dans un grand nombre d'individus elle est complète : la régularité de l'ornementation du test est alors des plus élégantes; elle réalise un type vraiment nouveau, une véritable race.

Les Foraminifères ainsi transformés appartiennent aux espèces suivantes : *Haplophragmium canariense* d'Orbigny; *Trochammina squamata* Parker et Jones; *Tr. rotaliformis* J. Wright; *Tr. globigeriniforme* Parker et Jones; *Tr. pauciloculata* H.-B. Brady; *Spiroplecta biformis* Parker et Jones; et leurs diverses variétés, qu'il s'agisse de spécimens jeunes ou adultes, micro- ou macrosphériques, de teinte blanche ou brune, sont toutes susceptibles de subir cette curieuse transformation.

Les coccolithes étant de nature calcaire, il est très simple, à l'aide d'une goutte de solution d'acide chlorhydrique, de les dissoudre et de mettre en évidence la charpente chitineuse de la coquille, parfaitement intacte, montrant, avec une netteté exceptionnelle, l'agencement des loges qui n'ont subi aucune déformation. Cette coque chitineuse anhyste est, suivant les individus, plus ou moins colorée en jaune ocre tirant sur le brun; la teinte s'atténue progressivement sur chaque nouvelle loge pour disparaître complètement sur la dernière formée. Sous l'action du ferrocyanure de

---

[1] Séance du 9 août 1926.

potassium, cette coloration jaune est remplacée par une coloration bleu de Prusse qui indique la présence de sels de fer, fait bien connu et caractéristique des textures arénacées.

La surface interne des loges est lisse, comme vernie; tandis que leur surface externe présente, en saillie, un fin réseau à mailles plus ou moins arrondies, délimitant des aires plus claires, correspondant aux fossettes dans lesquelles étaient encastrés les coccolithes. Ce fin réseau répond aux lignes de ciment.

En résumé, les coccolithes doivent désormais prendre place dans la liste déjà longue des corps étrangers captés par le sarcode pour l'édification de son test arénacé.

La substitution des coccolithes aux grains de sable, lorsqu'elle est totale, crée un dispositif favorable pour l'analyse texturale de ce nouveau type de Foraminifères arénacés, en rendant possible une démonstration directe des rapports réciproques des divers éléments qui entrent dans sa composition.

Le choix exclusif des coccolithes par le sarcode est une démonstration nouvelle, éclatante, de ce « pouvoir de sélection » qui n'est pas un des faits les moins suggestifs de l'histoire biologique des Rhizopodes.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Glycémie normale chez les bovidés. Glycémie et maladie vitulaire chez les vaches laitières.* Note [1] de MM. **G.** et **R. Moussu**, présentée par M. A. Desgrez.

Lorsqu'au point de vue de la physiologie normale ou pathologique on parle de glycémie, on a de la tendance à toujours prendre, comme repère de comparaison, le taux de la glycémie normale chez l'homme ou chez le chien. Il semble cependant que ce taux moyen varie suivant les espèces. Voici les chiffres obtenus, dans une série d'analyses, qui démontrent que le taux de la glycémie, chez des bovidés en parfait état de santé, est toujours au-dessous de 1 pour 1000; il oscille en moyenne entre 0,60 et 0,80 [2]:

---

[1] Séance du 22 mars 1926.

[2] Dosages selon la méthode de Fontès et Thivolle sur du sang veineux recueilli selon le procédé de Sander (*Journ. of Biolog. Chemistry*, 58, II, 1923, p. 1-15).

		Pour 1000.
1.	Bœuf de travail charolais, 7 ans	0,601
2.	Bœuf de travail charolais, 5 ans	0,523
3.	Bœuf de travail charolais, 8 ans	0,474
4.	Vache flamande, 6 ans, en gestation, sans lactation	0,710
5.	Vache bretonne, 6 ans, en gestation, sans lactation	0,500
6.	Vache normande, 7 ans, en gestation et lactation	0,795
7.	Vache comtoise, 5 ans, en gestation et lactation	0,725
8.	Vache flamande, 6 ans, en gestation et lactation	0,625
9.	Vache bretonne, 5 ans, en lactation sans gestation	0,475
10.	Vache hollandaise, 10 ans, en lactation sans gestation	0,635
11.	Vache normande, 6 ans, en lactation sans gestation	0,650

Ces chiffres donnent un taux moyen de glycémie normale de 0,616.

Normalement, le taux de la glycémie, chez les bovidés, est donc toujours notablement au-dessous de 1 pour 1000.

La *maladie vitulaire* des vaches laitières étant une affection du début de la lactation, l'hypothèse a été émise, d'une possibilité d'origine hypoglycémique. Une première objection *a priori* s'opposait d'emblée à cette hypothèse : la maladie vitulaire est l'une des rares affections des bovidés au cours desquelles il y a parfois glycosurie; physiologiquement, la glycosurie ne se conçoit pas avec l'hypoglycémie. Une seconde, de non moindre valeur : l'évolution de la maladie vitulaire détermine régulièrement la diminution ou l'arrêt de la lactation et, par suite, l'arrêt de l'élimination du lactose.

Nous avons cherché à vérifier si ces objections étaient fondées par la détermination de la glycémie pendant la maladie et aussi après guérison :

Vaches à maladie vitulaire n'ayant subi aucun traitement avant la première prise de sang.

	Glycémie avant traitement.	Glycémie après traitement et guérison.
1. Vache normande, 8 ans, malade 24 heures, après vêlage (septembre 1924)	0,535	0,875
2. Vache normande, 10 ans, malade le deuxième jour après vêlage (octobre 1924)	0,705	1,050
3. Vache normande, 7 ans, malade le deuxième jour (avril 1925)	0,692	0,891
4. Vache normande, 6 ans, malade le deuxième jour (avril 1925)	0,575	0,785
5. Vache normande, 6 ans, malade 36 heures après vêlage (mai 1925)	0,625	0,925

Le taux de la glycémie pendant *l'état de maladie vitulaire* franchement caractérisée, donne le chiffre moyen de 0,646 *qui n'est pas inférieur à celui établi ci-dessus pour des sujets bien portants*. Aucun de ces chiffres n'indique une hypoglycémie manifeste; la maladie vitulaire des laitières n'est pas fonction d'un état d'hypoglycémie, il y a autre chose à son origine.

Cependant la teneur du sang en glucose remonte très vite sous l'influence du traitement classique amenant la guérison, puisque cette teneur, pour les cas rapportés, s'élève au chiffre moyen de 0,905. Cette élévation peut vraisemblablement s'expliquer par une excitation organique indéterminée due au traitement, mais surtout par l'arrêt instantané de toute élaboration de lait et, par suite, de toute utilisation de glycose dans la mamelle.

Dans tous les cas, ce relèvement du taux du glycose dans le sang ne semble pas être l'unique cause, ni le facteur essentiel de cette guérison, ainsi que le démontrent les expériences suivantes :

1. Vache normande, 8 ans, maladie vitulaire le jour du vélage; septembre 1924. — Injection sous-cutanée de 30g de glycose. Situation inchangée dans les 2 heures qui suivent. On pratique alors l'insufflation mammaire, la malade est debout 4 heures après. Guérison.

2. Vache normande, 6 ans, maladie vitulaire troisième jour après vélage; décembre 1924. — Injection sous-cutanée de 30g de glycose. Pas d'amélioration dans les 6 heures. Insufflation mammaire, 3 heures après la malade est debout. Guérison.

3. Vache normande, 8 ans, maladie vitulaire au deuxième jour; mai 1925. — Injection intra-veineuse de 20g de glycose. Durant 17 heures, pas de changement; nouvelle injection sous-cutanée de 40g de glycose. Pas d'amélioration dans la suite, la situation s'aggravant, la malade est sacrifiée.

Les injections de glycose, aux doses indiquées, n'ont modifié ni l'allure ni la marche de la maladie.

La *maladie vitulaire* des grandes femelles laitières n'apparaît donc pas comme une simple manifestation d'hypoglycémie.

La séance est levée à $5^h 30^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUILLET 1926.

Recherche sur le mouvement d'étoiles voisines du Soleil, par P. BOURGEOIS. Bruxelles, M. Hayez, 1926; 1 fasc. 29^{cm},5.

« *Parasolier* » *et papier de* « *parasolier* », par P. AMMANN, M. ARIBERT, A. BERTIN, F. BRETONNET, C. CHALOT, G. NOACHOVITCH, A. THIRIET, L. VIDAL. Paris, Émile Larose, 1926; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Lindet.)

Analyse des eaux thermales de Vichy, par CH. MOUREU, A. LEPAPE, G. URBAIN, J. BARDET. Extrait des *Annales de l'Institut d'hydrologie et de climatologie*. Paris, Institut d'hydrologie. (Collège de France), 1925; 1 fasc. 24^{cm}.

Mémorial des sciences mathématiques. Fasc. XV : *La logique des mathématiques*, par STANISLAS ZAREMBA. Fasc. XVI : *Formules stokiennes*, par A. BUHL. (Présenté par M. Appell.) Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 2 fasc. 25^{cm},5.

Les poissons et le monde vivant des eaux. Études ichthyologiques, par LOUIS ROULE. Tome I : *Les formes et les attitudes*. Paris, Delagrave, 1926; 1 vol. 25^{cm},5. (Présenté par M. Mangin.)

Compagnie universelle du Canal maritime de Suez. Commission consultative internationale des travaux. Réunion de la Commission du 19 octobre 1925. Note sur le nivellement général du Canal maritime de Suez (1923-1925). Paris, Société anonyme des publications périodiques, 1925; 1 fasc. 31^{cm}. (Présenté par M. Charles Lallemand.)

Introduction à une théorie rationnelle des erreurs d'observation, par le général ESTIENNE. Paris, Berger-Levrault, 1926; 1 fasc. 22^{cm},5.

Marine Structures, their Deterioration and Preservation, Report of the COMMITTE ON MARINE PILING INVESTIGATIONS of the DIVISION OF ENGINEERING and INDUSTRIAL RESEARCH of the NATIONAL RESEARCH COUNCIL, by WILLIAM G. ATWOOD and A. A. JOHNSON. Washington, National Research Council, 1924; 1 vol. 23^{cm}.

Medical Report of the Hamilton Rice seventh Expedition to the Amazon, in conjunction with the Department of Tropical Medicine of Harvard University, 1924-1925, par RICHARD P. STRONG, JOSEPH C. BEQUAERT, GEORGE C. SHATTUCK, RALPH E. WHEELER. Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1926; 1 vol. 27^{cm}.

Le opere di ALESSANDRO VOLTA. Edizione nazionale, volume terzo. Milano, Ulrico Hoepli, 1926; 1 vol. 30^{cm},5.

Le magnésium en chimie organique, par CH. COURTOT. Nancy, Rigot et Cie, 1926; 1 vol. 22^{cm}.

Les insectes nuisibles au cotonnier en Afrique occidentale française, par P. VAYSSIÈRE et J. MIMEUR. Paris, Émile Larose, 1926; 1 vol. 25cm.

Fonctions hypergéométriques et hypersphériques. Polynomes d'Hermite, par PAUL APPELL et J. KAMPÉ DE FÉRIET. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. 28cm,5.

Ministère des Finances. Service d'études pour la réfection ou la mise à jour du cadastre. *Mise à jour rapide du cadastre avec le concours de la photographie aérienne. Extrait du dossier des travaux effectués en* 1923-1924 *dans la commune de La Houssaye* (*Oise*) *et note explicative*, par H. ROUSSILHE. Paris, 1926; 1 cahier 31cm,5. (Présenté par M. Charles Lallemand.)

Ministère des Finances. Service d'études pour la réfection ou la mise à jour du cadastre. *Études sur les instruments géodésiques et sur les résultats de la triangulation cadastrale effectuée dans l'Aisne en* 1924 *et* 1925, par H. ROUSSILHE. Paris, 1926; 1 carton 31cm,5. (Présenté par M. Charles Lallemand.)

Die metallogenetischen Epochen und Gebiete von Sibirien, in *Abhandlungen zur praktischen Geologie und Bergwirtschaftslehre. — Ueber die Systematik der Erzlagerstätten* (loc. cit.), von W. A. OBRUTSCHEW. — Halle, Wilhelm Knapp, 1926; 2 fasc. 24cm.

Die Bodenschätze Sibiriens und ihre wirtschaftliche Bedeutung, in *Internationale Bergwirtschaft*, t. I, 1925-1926, cahier 5, février, Leipzig, par W. A. OBRUTSCHEW; 1 feuille 30cm.

Le principe de simplicité dans les sciences mathématiques et dans les sciences physiques, par ANDRÉ LAMOUCHE. Brest, La Dépêche, 1926; 1 fasc. 22cm. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie, publiées sous le patronage de l'UNION DE CHIMIE PURE ET APPLIQUÉE. Ch. Marie, secrétaire général. Vol. V : années 1917-1918-1919-1920-1921-1922; deuxième partie. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. 28cm.

L'eucrite de Béréba (*Haute-Volta*) *et les météorites feldspathiques en général*, in *Archives du Muséum d'Histoire naturelle*, par A. LACROIX. Paris, Masson et Cie, 1926; 1 vol. 32cm,5. (Offert par l'auteur.)

Les finances du Mexique (1892-1911), par C. DIAZ DUFOS. Paris, Alcan, 1926; 1 vol. 23cm.

ERRATA.

(Séance du 22 février 1926.)

Note de M. *A. Kovanko*, Sur les conditions nécessaires et suffisantes de l'intégration des suites de fonctions sommables terme à terme :

Page 562, ligne 11, *après* absolument continue, *ajouter* et additive. Exclure les lignes 12, 13, 14, 15, 16.

Page 563, remplacer partout $\int_a^x$ par $\int_E$.

(Séance du 2 août 1926.)

Note de M. *Mandelbrojt*, Sur l'allure des fonctions représentées par les séries de Dirichlet et la croissance des fonctions analytiques autour d'un point singulier :

Page 337, ligne 6, *lire* pour $\sigma = \sigma_1$, a_n étant réels; ligne 16, *au lieu de* Γ_φ et $\mathfrak{M}^\rho$, *lire* Γ_ρ et $\mathfrak{M}_\rho$; ligne 17, *au lieu de* $\mathfrak{M}_\rho^2$, *lire* $\mathfrak{M}_\rho^{-2}$; ligne 20, *au lieu de* $\frac{\text{mes}(\rho, \omega, \sigma_1)}{\omega . \mathfrak{M}_\rho^2}$, *lire* $\frac{\text{mes}(\rho, \omega, \sigma_1)\mathfrak{M}_\rho^2}{\omega}$; dernière ligne, *lire*

$$2\psi(r) = j_1 + j_2 + \ldots + j_k, \qquad A^r = a_{i_1}^{j_1} a_{i_2}^{j_2} \ldots a_{i_k}^{j_k}.$$

Page 338, ligne 3, *au lieu de* $|\alpha_m|$, *lire* $\log|\alpha_m|$; ligne 7, *au lieu de* $\frac{|b_m|}{\log m}$, *lire* $\frac{\log|\alpha_m|}{\log m}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 AOUT 1926.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Const.-A. Kténas**, professeur de Géologie à l'Université d'Athènes, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE. — *Sur un moyen de vérifier la constance actuelle du jour sidéral.* Note de M. **Bigourdan**.

Il est bien connu que toute l'Astronomie de position repose sur l'uniformité du mouvement diurne ou de la rotation de la Terre, parce que cette rotation nous donne l'étalon de temps; et, combiné avec les positions sans cesse améliorées des étoiles principales ou fondamentales (observées par exemple à la lunette méridienne), elle nous donne les corrections C_p de nos pendules.

La théorie et l'observation s'accordent à montrer que sa durée, ou *jour sidéral* t, est un des éléments les plus invariables du système solaire : Laplace a montré qu'il n'a pas varié de $0^s,01$ depuis Hipparque.

Mais si cela est établi *en moyenne* (ainsi qu'il a été fait pour la variation des *latitudes*), nous apercevons diverses causes qui peuvent perturber t momentanément et dans d'étroites limites; tels sont, par exemple, de grands déplacements de masses atmosphériques, océaniques, polaires, à la surface de la Terre; des séismes, des frottements, etc. Il est donc important de s'assurer s'il existe de telles perturbations qui, notamment, pourraient affecter nos déterminations de longitudes.

Pour cela, on peut imaginer théoriquement que l'on réunisse en un même

lieu un grand nombre d'excellentes pendules, que l'on comparerait continuellement entre elles, deux à deux, par exemple par coïncidences, et qui mettraient en évidence les perturbations de **t**; mais, malgré le degré de perfectionnement auquel sont parvenus nos artistes horlogers, les meilleures horloges ne conservent pas l'équidistance des coïncidences qui pourrait nous rassurer sur la parfaite régularité de leur marche. Ce moyen n'est donc pas encore suffisant pour vérifier la constance parfaite de **t**, du moins avec le petit nombre de ces précieux appareils que l'on a réussis jusqu'ici en un même point. Mais grâce aux signaux radio-horaires, on peut espérer que ce moyen pourra être efficace. En effet, supposons qu'au lieu de communiquer les heures *calculées* des signaux extrêmes, on donne les heures *brutes* d'un nombre suffisant de ces signaux : alors, comme les réceptions ne sont pas affectées d'erreurs atteignant $0^s,01$, tout se passerait sensiblement comme si toutes les horloges étaient réunies en un même point.

D'autre part, les observations faites avec la lunette méridienne doivent être corrigées de l'influence des trois *constantes* instrumentales; et la détermination de ces constantes introduit dans les C_p une incertitude bien accusée par les déterminations comparatives faites en un même lieu avec des lunettes méridiennes différentes. Aussi pourrait-il être utile de vérifier les marches de nos horloges par une méthode astronomique ([1]) où il ne serait pas nécessaire de déterminer de telles constantes. Il me semble que la suivante, quoique sujette à diverses objections que je discuterai, pourrait permettre d'atteindre le but.

Considérons un grand triangle idéal SOA rectangle en A, placé dans un plan vertical voisin du méridien du point S, ayant son côté SA vertical, le point S en haut, et le point O au nord de S quand on se trouve dans l'hémisphère boréal. Pratiquement S sera un point élevé, un sommet de montagne, qui, vu de O, se projette sur le ciel; quant au côté OA, il se confond sensiblement avec un fond de vallée plus ou moins accidenté.

Au point S plantons solidement dans le sol et verticalement une série de tiges métalliques rondes formant une sorte de grille plane, un réticule éloigné R, dont le plan soit perpendiculaire à celui du triangle SAO; la grosseur de ces tiges sera calculée de manière que, vues de O dans une lunette suffisante, elles paraissent comme un des fils fins de micromètre. La nuit on éclairera ce réticule par réflexion sensiblement normale.

([1]) Pour une méthode mécanique, voir les tentatives faites pour l'emploi d'un pendule *libre*.

Un observateur placé en O (supposé muni d'une horloge de valeur ordinaire et d'un appareil de T. S. F. permettant de repérer les signaux horaires sur cette horloge) pourra observer à cette horloge les passages successifs d'une étoile équatoriale au réticule R et déterminer les intervalles t_1, t_2, t_3, voisins de 24^h sidérales, qui séparent les retours successifs de cette étoile, vue de O, à ce réticule R.

Si ces intervalles t_1, t_2, ..., déterminés assez longtemps et avec diverses étoiles, sont trouvés parfaitement égaux, au degré de précision près dont l'observation de passages se montre susceptible, on pourra tirer cette triple conclusion, avec un haut degré de probabilité :

1° La position relative des points S et O est invariable, ce qui serait intéressant aux points de vue géologique et géodésique ;

2° Les corrections données pour les signaux horaires sont exactes et les marches des pendules bien déterminées ;

3° La durée du jour sidéral est restée constante pendant l'intervalle des observations.

Si, au contraire, t_1, t_2, t_3, ... varient, une ou plusieurs des trois conclusions précédentes se trouve en défaut, et, en multipliant les observations, il sera sans doute possible d'isoler les causes des variations de t_1, t_2, ..., ce qui est précisément le problème posé.

Voyons maintenant les défauts ou inconvénients et les qualités ou avantages de cette méthode.

Défauts. — 1° Les conditions topographiques supposées seront rarement réalisées. — R. : Cela est à étudier; on ne peut *a priori* dire qu'elles ne le sont pas dans un pays accidenté donné.

2° L'observateur placé en O disposera rarement d'une étoile convenable. — R. : Il peut, sans inconvénient, se déplacer tout en restant à peu près sur OA, et choisir divers points d'observation O_1, O_2, ... L'angle O_1SO_2 peut atteindre plusieurs degrés; dans une zone de cette largeur on trouvera toujours d'autant plus d'étoiles qu'on observe en champ noir et qu'on peut donc avoir recours à des étoiles faibles.

3° Les ondulations et réfractions atmosphériques seront très gênantes. — R. : Elles peuvent gêner, comme partout, mais non *vicier* les observations, qu'il suffira de multiplier. En effet, les mouvements d'air qui se produisent entre O et S sont communs à l'étoile et au réticule R ; quant à ceux qui se produisent au delà de S, ils dépendent des conditions topographiques en ce point, et en général seront bien moins grands en ce point élevé qu'aux points habituels d'observation. D'ailleurs les ondulations

sont moindres la nuit, qui est la période principale des observations. Enfin les mires éloignées sont au moins sujettes à autant d'inconvénients, et cependant il en est tiré bon parti.

Avantages. — 1° Suppression totale des constantes, dont la précision est notablement inférieure à celle des observations de passages;

2° Le moyen se prêterait à l'organisation, au réticule R, d'un dispositif analogue, dans son fonctionnement, à celui du micromètre impersonnel;

3° Divers observateurs se contrôlant mutuellement pourraient opérer sur la même ligne approximative OA, sans avoir besoin d'aucun autre instrument qu'une simple lunette, coûtant bien moins, à puissance optique équivalente, qu'une lunette méridienne. Et de même pour les abris et tout le reste de l'installation.

GÉOLOGIE. — *Plate-forme littorale avec marmite du Bathonien de Chailloué (Orne).* Note [1] de M. A. **Bigot**.

Le dernier affleurement vers l'Est du flanc Nord du synclinal de Sées est formé par le massif des grès de Chailloué, occupé, au milieu de la plaine jurassique, par une lande et des bois taillis. Ces grès se placent à la base de l'Ordovicien (*grès armoricain*) et au sommet du Cambrien.

Le massif est traversé, à l'Est du bourg de Chailloué, par la petite vallée, assez encaissée, d'un ruisseau coulant vers le Nord; la berge droite de la vallée est entamée sur une longueur d'environ 500^m par le front de taille d'une carrière.

Ce front de taille permet de constater que la surface des grès, coupant obliquement les bancs qui plongent au Sud-Est, a une forme légèrement convexe. Le grès n'affleure sur la lande qu'autour de l'axe de cette convexité, qui est prolongée à l'Est par deux saillies peu accusées sur la lande. Au Nord et au Sud, les bancs de grès sont arasés et se terminent par une surface aplanie, polie par usure.

Cette surface est recouverte par une couche de galets et d'énormes blocs de grès qui forme le sous-sol de la plus grande partie de la lande à l'Est du ruisseau; sa puissance peut atteindre 4^m, mais elle s'amincit au Nord et au Sud, en approchant de l'axe de la convexité. Dans les carrières situées à l'Ouest du massif, cette couche surmonte une partie de la surface des grès

---

(1) Séance du 17 août 1926.

siluriens. Une gangue argilo-sableuse, rougeâtre, entoure généralement les blocs et les galets, mais les galets sont parfois cimentés, surtout à la base du dépôt, par de la barytine concrétionnée (¹). Les gros blocs ont généralement une forme allongée, ellipsoïdale, et peuvent atteindre 1^m dans leur plus grande dimension; ils ont ordinairement leurs angles très arrondis, leurs surfaces polies, marquées de figures de percussion, très bien conservées, produites par le choc des galets projetés sur eux par les vagues. Les galets sont parfaitement arrondis; les plus gros portent aussi des figures de percussion, mais elles sont plus exceptionnelles que sur les gros blocs, parce que l'usure des galets les a ordinairement effacées, comme cela se produit sur les côtes actuelles.

La surface des grès au-dessous de la couche de galets est ordinairement nivelée très régulièrement, comme celle de la surface d'érosion d'un littoral rocheux. Dans la carrière du ruisseau de Chailloué, elle est cependant creusée d'un puits, à fond arrondi, de $1^m,20$ de diamètre et de profondeur, à parois polies, qui est rempli de blocs et de galets. Ce puits est une véritable *marmite littorale*, semblable à celles qui ont été signalées sur les côtes actuelles et en particulier à Jersey. Cette forme d'érosion marine n'a pas, à ma connaissance, été signalée dans le Jurassique.

Les caractères de la surface des grès de Chailloué et des blocs et galets de la couche qui la surmonte sont ceux d'une plate-forme rocheuse marine de la zone intercotidale. Le massif de grès de Chailloué formait avant la transgression jurassique un *monadnock* à la surface de la pénéplaine continentale. La transgression jurassique en a fait un *récif émergé*, situé en avant du rivage de la mer bathonienne, rivage qui était plus au Sud, dans la région du massif ancien d'Écouves. L'action des vagues a transformé une partie de la surface du monadnock en une surface de dénudation marine. Chailloué est un des rares points de la Normandie où l'on puisse observer avec certitude des dépôts bathoniens de la zone intercotidale, au voisinage de parties émergées de l'ancienne pénéplaine hercynienne, où j'ai signalé en 1890, au Sud de Chailloué, à Sevilly, l'existence d'un sol de végétation, avec racines, d'âge bathonien retrouvé par le Dr Hommey à Essai.

(¹) Cette barytine a été empruntée à des filons qui ne sont pas connus dans le voisinage immédiat de Chailloué, mais qui, à quelques kilomètres plus au Nord, traversent les calcaires bathoniens dans les tranchées du chemin de fer près du Merlerault.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques applications des polynomes de Tchebycheff à plusieurs variables.* Note (¹) de M. **Jacques Chokhatte** (²), présentée par M. Appell.

1. Une fonction $p(x_1, x_2, \ldots, x_s) \equiv p\left(\overset{s}{\underset{1}{x}}\right)$ (³) bien déterminée dans un domaine $(\mathfrak{D})$ [défini à l'aide de certaines inégalités $\varphi\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) \geqq 0$] avec l'élément $dt = dx_1 \ldots dx_s$, *sera appelée une* C-*fonction, si* : 1° $p\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) \geqq 0$ *dans* $(\mathfrak{D})$; 2° $\int_{(\mathfrak{D})} p\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) x_1^{i_1} \ldots x_s^{i_s}\, dt$ $(i_1, \ldots, i_s = 0, 1, 2, \ldots)$ *existe avec* $\int_{(\mathfrak{D})} p\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) dt > 0$.

Considérons un polynome arbitraire de degré $\leqq n$

$$(1)\quad \begin{cases} G_n\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) = \sum\limits_{i_1, \ldots, i_s} g_{i_1, \ldots, i_s} x_1^{i_1} \ldots x_s^{i_s} \qquad (0 \leqq i_1 + \ldots + i_s \leqq n\,;\ i_1, \ldots, i_s \geqq 0), \\ \text{Nombre total des coefficients} = t_{n,s} = \dfrac{(s+1)\ldots(s+n)}{n\,!}. \end{cases}$$

Nous nous proposons de *trouver la limite supérieure de la valeur absolue d'un polynome* $U_m(G_n)$ *arbitrairement donné des coefficients de* $G_n\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right)$, *homogène de degré m*,

$$(2)\quad \begin{cases} U_m G_n = \sum\limits_{i_1, \ldots, j_m} \alpha_{j_1, \ldots, j_m} g_{(i_1, \ldots, i_s) j_1} \cdots g_{(i_1, \ldots, i_s) j_m} \qquad (j_1, \ldots, j_m = 1, 2, \ldots, t_{n,s}), \\ (i_1, \ldots, i_s)_{j_k} \equiv (i_{1,j_k}, \ldots, i_{s,j_k}) \text{ étant donné dans } (1), \end{cases}$$

ayant donné une des quantités suivantes :

$$(\mathrm{A})\quad \begin{cases} I(q; G_n; \mathfrak{D}) \equiv \int_{(\mathfrak{D})} q\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) G_n^2\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) dt; \\ q\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) \text{ étant une C-fonction dans } (\mathfrak{D}); \end{cases}$$

$$(\mathrm{B})\quad \begin{cases} E(q; G_n; \mathfrak{D}) \equiv \max. \left| q\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) G_n\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) \right| \text{ dans } (\mathfrak{D}), \\ q\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) y \text{ étant donnée arbitrairement.} \end{cases}$$

(¹) Séance du 17 août 1926.

(²) Cf. ma Note précédente (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 329-331).

(³) Nous ne considérons ici que des quantités réelles.

Solution. — Supposons qu'il existe $r\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right)$ telle que

$$(3)\quad \begin{cases} \pi\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) \equiv q^{\varepsilon}\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) r\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) \left[\varepsilon = \begin{matrix} 1, \text{ cas A} \\ 2, \text{ cas B} \end{matrix}\right] \text{ est une C-fonction,} \\ r\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) \text{ est } \begin{matrix} \text{bornée (cas A)} \leq r_{\max} \\ \text{intégrable (cas B)} \end{matrix} \text{ dans } (\mathfrak{D}). \end{cases}$$

Définissons un domaine $(\mathfrak{D}')$ et une fonction $p\left(\overset{sm}{\underset{1}{x_i}}\right)$:

$$(4)\quad \begin{cases} x_{i,k} \equiv x_{(k-1)s+i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, s;\ k = 1, 2, \ldots, m), \\ (\mathfrak{D}') : \varphi\left(\overset{s}{\underset{i}{x_{i,k}}}\right) \geqq 0, \qquad dt' = \prod_{i=1}^{\sigma} dx_i \qquad (\sigma = sm), \\ p\left(\overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right) \equiv \prod_{k=1}^{m} \pi\left(\overset{s}{\underset{1}{x_{i,k}}}\right) \text{ une C-fonction dans } (\mathfrak{D}'). \end{cases}$$

Écrivons d'une manière générale, pour abréger,

$$(5)\quad \begin{cases} x_{1,k}^{i_1,j} \ldots x_{s,k}^{i_s,j} \equiv (i_{1,k} \ldots i_{s,k})_j, \\ Q\left(\overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right) = \sum\limits_{j_1, \ldots, j_m} q_{j_1, \ldots, j_m} (i_{1,1} \ldots i_{s,1})_{j_1} \ldots (i_{1,m} \ldots i_{s,m})_{j_m}, \\ \omega(Q) = \sum\limits_{\ldots, j_m} \alpha_{1, \ldots, j_m} q_{j, \ldots, j_m} \qquad [j_1, \ldots, j_m = 1, \ldots, t_{n,s};\ \nu(1, 2)]. \end{cases}$$

En utilisant la suite orthogonale et normale de polynomes de Tchebycheff $\left\{ \varphi_l \left[p\left(\overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right);\ \overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}} \right] \right\}$ (¹) de degré 0, 1, 2, ..., avec

$$(6)\quad \varphi_e\left(p;\ \overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right) = \prod_{k=1}^{m} \varphi_{r_k}\left[\pi\left(\overset{s}{\underset{1}{x_{i,k}}}\right),\ \overset{s}{\underset{1}{x_{i,k}}}\right],$$

nous obtenons *la formule fondamentale*

$$(7)\quad \begin{cases} U_m(G_n) = \int_{(\mathfrak{D}')} p\left(\overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right) \Phi\left(\overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right) \prod_{k=1}^{m} G_n\left(\overset{s}{\underset{1}{x_{i,k}}}\right) dt', \\ \Phi\left(\overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right) = \sum_l \omega\left[\varphi_l\left(p;\ \overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right)\right] \varphi_l\left(p;\ \overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right) \qquad (\text{degré de } \varphi_l = 0, 1, \ldots, mn), \\ \varphi_l\left(p;\ \overset{\sigma}{\underset{1}{x_l}}\right) = \prod_{k=1}^{m} \varphi_{r_k}\left[\pi\left(\overset{s}{\underset{1}{x_{i,k}}}\right);\ \overset{s}{\underset{1}{x_{i,k}}}\right] \qquad (\text{degré de } \varphi_{r_k} = 0, 1, \ldots, n). \end{cases}$$

(¹) W. STEKLOFF, *Sur la théorie de fermeture* (*Mémoires de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, **30**, IV, 1911, p. 55, 60.)

et

$$(8\text{A})\quad |U_m(G_n)| \leqq \sqrt{\sum_l \omega^2 \left[\varphi_l\left(p; \overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right)\right]} \left\{ I(q; G_n; \mathfrak{D})\, r_{\max} \right\}^{\frac{m}{2}}.$$

$$(8\text{B})\quad |U_m(G_n)| < \sqrt{\sum_l \omega^2 \left[\varphi_l\left(p; \overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right)\right]} \left\{ E(q; G_n; \mathfrak{D}) \sqrt{\int_{\mathfrak{D}} r\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) dt} \right\}^m.$$

Telle est la solution cherchée pour s, m, $n = 1, 2, \ldots$, égalité ayant lieu dans (8 A) pour le seul cas

$$(9)\qquad r\left(\overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right) \equiv 1; \qquad U_m(G_n) \equiv \left(\sum_{i_1 \ldots i_s} \beta_{i_1 \ldots i_s} g_{i_1 \ldots i_s}\right)^m \equiv \{U_1(G_n)\}^m.$$

Alors $\Phi\left(\overset{\sigma}{\underset{1}{x_i}}\right) = \prod_{1}^{m}{}_k \Phi\left(\overset{s}{\underset{1}{x_{i,k}}}\right)$, et nous obtenons les formules correspondant au cas $m = 1$. En particulier,

$$(10)\qquad \min.\frac{I(q; G_n; \mathfrak{D})}{U_1^2(G_n)} = \frac{1}{\displaystyle\sum_{0}^{t_{n,s}}{}_l U_1^2\left[\varphi_l\left(q; \overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right)\right]},$$

égalité pour le polynome const. $\times \sum_{0}^{t_{n,s}}{}_l U_1(\varphi_l)\, \varphi_l\left(q; \overset{s}{\underset{1}{x_i}}\right)$ seulement.

ASTRONOMIE. — *Sur la précision de l'heure des signaux rythmés du Bureau International de l'Heure.* Note (¹) de M. N. **Stoyko**, présentée par M. Bigourdan.

Les signaux rythmés actuels, dont le schéma a été arrêté à Cambridge (Engl) en juillet 1925, se composent de 306 signaux équidistants émis en 300^s de temps moyen. Au Bureau International de l'Heure (B. I. H.) l'émission de ces signaux est commandée par une pendulette à demi-secondes b_2, synchronisée par une pendule de t. m., 1116 Leroy. Pour que les signaux rythmés passent à l'heure prévue ($8^h 1^m 0^s$ - $8^h 6^m 0^s$ et $20^h 1^m 0^s$ - $20^h 6^m 0^s$ t. m.) il faut donner à la pendule 1116 L., par rapport à l'heure extrapolée, une correction c déterminée empiriquement et qui pendant le premier semestre de 1926 a varié de $+0^s{,}04$ à $+0^s{,}06$.

On observe toujours ces signaux par coïncidences à l'oreille (O) et on

(¹) Séance du 17 août 1926.

en conclut l'heure du 1er et du 306e, puis on envoie radiotélégraphiquement la correction (voir *Bulletin Horaire*, t. 2, p. 103).

On peut se demander quelle est, en moyenne, l'erreur des signaux par rapport à l'heure extrapolée, la seule dont on dispose au moment de l'émission. Pour répondre à cette question, on a laissé de côté les jours suivants :

I. La période préparatoire du 1er au 15 janvier 1926;

II. Les jours où la pendulette $\mathbf{b}_2$ n'était pas à l'heure, ce qui est arrivé aux dates suivantes :

1° *Matin :* février 1 (écart de $+0^s,62$), juin 7 ($+0^s,19$) et *soir :* février 28 ($+0,21$) : jours où il y a eu erreur dans la remise à l'heure de la pendule 1116 L.;

2° *Soir :* février 8 ($+0^s,50$) : la synchronisation de la pendulette $\mathbf{b}_2$ ne fonctionne pas;

3° *Matin :* février 4,23, juin 10-13; *soir* : février 22, juin 9-13 : écarts de $-0^s,1$.

Dans ce dernier cas (3°), avant la remise à l'heure de la pendule 1116L, sa correction s'est trouvée exceptionnellement négative (de $-0^s,10$ à $-0^s,15$) et a dû être ramenée à $+0^s,04$ comme nous venons d'indiquer. Or, dans ce cas, la synchronisation de la pendulette $\mathbf{b}_2$ n'agit pas assez rapidement. (Pour éviter cet inconvénient on a allongé le balancier de la pendule 1116L).

Au total on a ainsi négligé 46 résultats sur 360, du premier semestre 1926.

Cela posé, on a formé le Tableau I qui donne pour chaque mois, et en distinguant le *matin* et le *soir*, les quantités suivantes :

E_m : erreur moyenne absolue des signaux;

M : erreur maximum;

n : le nombre de jours dans lesquels l'erreur a dépassé $0^s,02$ en valeur absolue.

Ces quantités se rapportent à l'heure observée à l'oreille (O) et à l'heure prévue à l'avance (C), rapportées l'une et l'autre à l'heure extrapolée exacte.

TABLEAU I.

	Matin.						Soir.					
	O.			C.			O.			C.		
1926.	E_m.	M.	*n*.	E_m.	M.	*n*.	E_m.	M.	*n*.	E_m.	M.	*n*.
	s	s		s	s		s	s		s	s	
anv.....	0,019	0,05	5	0,011	0,05	1	0,016	0,04	3	0,011	0,03	1
Fév......	0,015	0,07	2	0,010	0,04	4	0,012	0,03	4	0,013	0,03	4
Mars.....	0,025	0,06	13	0,008	0,03	3	0,015	0,04	5	0,018	0,05	8
Avril.....	0,018	0,07	9	0,007	0,06	1	0,015	0,06	5	0,009	0,03	2
Mai......	0,018	0,07	9	0,015	0,04	4	0,014	0,04	5	0,012	0,04	3
uin.....	0,023	0,07	11	0,009	0,03	1	0,014	0,03	3	0,006	0,02	0
	0,019	**0,07**	**49**	**0,010**	**0,06**	**14**	**0,014**	**0,06**	**25**	**0,011**	**0,05**	**18**

Par ce tableau, on voit que sur les $360-46=314$ émissions des signaux

446 ACADÉMIE DES SCIENCES.

rythmés de LY nous avons seulement 14 + 18 = 32 émissions pour lesquelles l'heure a eu un écart supérieur à $0^s,02$ par rapport à l'heure prévue (C) et 9 émissions seulement où l'heure a eu un écart supérieur à $0^s,03$.

En comparant l'erreur moyenne d'observation à l'oreille (O) (qui varie de $0^s,012$ à $0^s,025$) avec l'erreur moyenne de l'heure prévue (C) (qui varie de $0^s,006$ à $0^s,018$), on peut voir que les corrections obtenues à l'oreille et qu'on a envoyées radiotélégraphiquement, sont presque deux fois moins précises que la correction prévue, calculée à l'avance, soit $0^s,00$.

Autre question. — Quelle est l'erreur de l'heure extrapolée des signaux (O et C) par rapport à l'heure interpolée déduite de l'enregistrement et de la correction C'_p extrapolée de la pendule directrice par rapport à C'_p interpolée ?

La réponse à cette question est donnée par le tableau II ci-après, où les notations sont les mêmes que dans le tableau I, sauf que la colonne n donne le nombre des jours dans lesquels les erreurs journalières ont dépassé l'erreur moyenne absolue E_m.

Tableau II.

	Matin.						Soir.							
	O.			C.			O.			C.			C'_p extra	
	E_m.	M.	n.	E_m.	M.	n.	E_m.	M.	n.	E_m.	M.	n.	E_m.	M
Janvier...	0,029	0,06	7	0,031	0,07	8	0,041	0,07	8	0,031	0,06	7	0,026	0,
Février...	0,097	0,20	15	0,086	0,18	15	0,081	0,19	14	0,088	0,17	14	0,082	0,
Mars.....	0,064	0,14	14	0,052	0,11	11	0,061	0,13	11	0,050	0,12	10	0,057	0,
Avril.....	0,071	0,15	11	0,063	0,14	10	0,078	0,13	12	0,073	0,14	12	0,069	0,
	0,070	0,20	47	0,062	0,18	44	0,069	0,19	45	0,065	0,17	43	0,063	0,

De ce tableau on conclut que l'erreur de l'heure prévue à l'avance des signaux est la même que l'erreur de C'_p extrapolée, tandis que l'erreur de l'heure observée à l'oreille, plus grande, est de $0^s,01$.

Est-il utile de faire une correction provisoire de l'ordre de $0^s,02$ et d'envoyer le lendemain, comme on le fait aujourd'hui, radiotélégraphiquement, quand il reste encore une erreur au moins quatre fois plus grande qui sera corrigée seulement après quatre ou six mois ?

Ne serait-il pas plus simple de supposer la correction provisoire nulle au lieu de prendre, par exemple, les corrections 002 ou 998, qui ne sont pas elles-mêmes plus exactes ? Seulement, il faut que toutes les deux semaines au moins, et même chaque semaine, on ait soin de vérifier la correction c.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la possibilité de relier les phénomènes d'interférence et de diffraction à la théorie des quanta de lumière.* Note de M. **Louis de Broglie**, transmise par M. M. de Broglie.

La propagation des ondes lumineuses est régie par l'équation

$$\Delta u = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}. \tag{1}$$

Pour chaque problème d'interférence ou de diffraction, l'optique classique cherche une solution de la forme

$$u = a(x, y, z)\, e^{i\omega[t - \varphi(x,y,z)]} \tag{2}$$

satisfaisant aux conditions aux limites imposées par la présence des écrans ou autres obstacles rencontrés par l'onde. La nouvelle optique des quanta de lumière envisage une solution à amplitude variable de la forme

$$u = f(x, y, z, t)\, e^{i\omega[t - \varphi(x,y,z)]}, \tag{3}$$

où φ est la même fonction que dans (2). La fonction f comporte des singularités mobiles le long des courbes normales aux surfaces $\varphi = \text{const.}$; ces singularités constituent les quanta d'énergie radiante. La vitesse du quantum passant au point M à l'instant t est nécessairement

$$U = \left(- \frac{\frac{\partial f}{\partial t}}{\frac{\partial f}{\partial n}} \right)_{M,t}, \tag{4}$$

la variable n étant comptée le long de la trajectoire et les dérivées étant prises en M à l'instant t.

En substituant les solutions (2) et (3) dans l'équation (1) et en annulant la partie imaginaire des relations obtenues, on trouve les équations suivantes qui lient l'amplitude classique a et l'amplitude réelle f à la fonction φ :

$$\frac{2}{a}\frac{da}{dn} = \frac{1}{a^2}\frac{d(a^2)}{dn} = -\frac{\Delta\varphi}{\frac{\partial \varphi}{\partial n}}, \tag{5}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n}\frac{\partial f}{\partial n} + \frac{1}{2} f \Delta\varphi = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial f}{\partial t}. \tag{6}$$

Pour des raisons que je ne puis exposer ici, il est probable que, si l'on

s'approche *à temps constant* d'une particule de lumière en suivant sa trajectoire, la fonction f croît comme l'inverse de la distance à la particule; par suite, en M, le quotient de f par $\frac{\partial f}{\partial n}$ est nul. Il en résulte, par (4) et (6), que la vitesse d'un quantum en un point M est

$$U = c^2 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial n}\right)_M. \tag{7}$$

La phase φ joue le rôle d'un potentiel des vitesses.

Considérons un tube infiniment délié de trajectoires dont σ désigne la section. Le flux des corpuscules lumineux devant être conservatif, on doit avoir tout le long du tube

$$\rho U \sigma = \text{const.}, \tag{8}$$

ρ désignant la densité en volume des corpuscules. En prenant la dérivée logarithmique, on trouve

$$\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dn} + \frac{1}{U}\frac{dU}{dn} + \frac{1}{\sigma}\frac{d\sigma}{dn} = 0. \tag{9}$$

D'après un théorème connu [1], le dernier terme est égal au double de la courbure moyenne de la surface $\varphi = \text{const.}$ au point considéré, quantité qui a pour expression

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{\Delta\varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial n^2}}{\frac{\partial \varphi}{\partial n}}. \tag{10}$$

Grâce à (10) et à (7), l'équation (9) prend la forme

$$\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dn} = -\frac{\Delta\varphi}{\frac{\partial \varphi}{\partial n}}. \tag{11}$$

En comparant avec (5), on trouve

$$\rho = \text{const.}\, a^2. \tag{12}$$

La densité des quanta de lumière est proportionnelle à l'intensité de la théorie classique. Les phénomènes d'interférences et de diffraction sont donc bien explicables à l'aide de la conception corpusculaire de la lumière.

---

[1] POINCARÉ, *Capillarité*, p. 51.

ÉLECTRICITÉ. — *La double détection* (1) *chez la galène et la chalcosine. Généralité du phénomène.* Note (2) de M. **J. Cayrel**, présentée par M. G. Ferrié.

On sait que la *galène ordinaire* (galène *insensible* des sans-filistes) détecte généralement en sens inverse de la galène *sensible*. Tandis que chez celle-ci le courant rectifié traverse le contact dans le sens galène-métal (détection α), il va chez celle-là du métal au cristal (détection β).

J'ai étudié l'influence de la *densité du courant* et de la *nature du métal* sur la détection des galènes *insensibles*.

Influence de la densité de courant. — Quand on augmente la densité de courant sur le contact rectifiant on constate généralement que *la détection β se transforme en détection α* (3). L'emploi de contacts *très légers* favorise cette inversion.

Avec une pointe d'argent ou de platine j'ai retrouvé *chez la galène «sensible»* des *traces de détection β* pour des *densités de courant extrêmement faibles*. Du point de vue du sens de la détection, les galènes *sensibles* ne semblent donc différer des galènes ordinaires qu'en ce que leur point d'inversion correspond à de très faibles densités de courant, d'où réduction ou suppression de la phase β.

Influence de la nature du métal. — Pour les *faibles densités de courant* il y a détection β avec Ag, Au, Pt, Ni, Fe, Cu, Bi. Avec Pb, Sn, le sens de la détection est variable. Avec Al, Zn, Mg, Ca il y a, soit détection nulle, soit faible détection α. Quand on augmente la densité de courant il y a inversion de la détection β en détection α, d'abord pour Sn, Pb, Bi, puis pour Cu. Pour de *fortes densités de courant* (courants rectifiés de l'ordre du milliampère), il y a détection β intense avec Ag, Au, Pt, moyenne avec Ni,

---

(1) Nous emploierons ici le terme détection comme synonyme de rectification de contact. Rappelons qu'en T. S. F. on réserve le nom de détection à des rectifications correspondant à des intensités moyennes au plus égales à $\frac{1}{10}$ de milliampère. Dans nos expériences l'intensité du courant rectifié variait de quelques dixièmes de microampère (faibles courants) à quelques milliampères (courants intenses).

(2) Séance du 17 août 1926.

(3) Mlle Collet a signalé (*Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1489) une *détection* β de la galène « sensible » pour les *fortes densités* de courant qui paraît infirmer la règle énoncée ici. Mais il s'agit selon nous, soit d'une pseudo-détection dont nous avons expliqué le mécanisme dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1728), soit d'un phénomène thermo-électrique dont la nature diffère essentiellement de celle d'une rectification de contact.

Fe, et très faible détection α avec tous les autres métaux. Enfin pour de *très fortes densités de courant* l'inversion a lieu même pour Ag qui conserve le dernier sa détection β. Les détections α sont toujours très médiocres.

Sur la *chalcosine* (sulfure cuivreux naturel) et sur le *sulfure cuivreux artificiel* j'ai fait les observations suivantes :

Influence de la densité de courant. — Elle est la même qu'avec la galène, mais ici la phase de détection prépondérante est la phase α. L'influence de la légèreté du contact sur l'inversion est particulièrement nette.

Influence de la nature du métal. — Pour les *faibles densités de courant* il y a détection β avec tous les métaux. La détection est *plus intense* avec Al, Zn, Mg, Ca, qu'avec Ag, Au, Pt, Ni, Fe. Quand on augmente la densité de courant il y a inversion de la détection β en détection α, d'abord pour Ag, Al, Zn, Mg, Ca, puis pour Pb, Cu, enfin pour Fe, Ni, Pt, Au. Pour les *fortes densités de courant* il y a détection α, intense avec Ag (¹), Al, Zn, Mg, Ca, Sn, faible avec Cu, Pb, quasi nulle avec Au, Pt, Ni, Fe, Bi.

Sur des semi-conducteurs de compositions chimiques très diverses j'ai constaté que la double détection paraît être un phénomène général. Les uns (oxyde de zinc, pyrite de fer, pyrolusite, etc.), sont du type galène « insensible »; les autres (séléniure cuivreux, séléniure de plomb, wolfram, chalcopyrite, etc.) sont du type chalcosine. La double détection est d'ailleurs masquée chez les cristaux « sensibles » des sans-filistes qui sont de véritables *cas singuliers*. Chez eux, d'une part il n'existe pratiquement qu'une des deux phases de détection, d'autre part la nature du métal n'influe, ni sur le sens, ni même sur la grandeur du courant rectifié.

Conclusions. — 1° *Un contact métal-semi-conducteur présente généralement deux détections de sens inverses. La phase β correspond aux faibles densités de courant, la phase α aux fortes densités. Les deux phases sont séparées par un point d'inversion pour lequel le courant rectifié s'annule,*

2° *Suivant la nature du semi-conducteur l'une ou l'autre phase tend à être prépondérante. Chez les semi-conducteurs du type galène « insensible » c'est la phase β; chez ceux du type chalcosine, c'est la phase α.*

3° *La nature du métal exerce une double influence :*

a. Elle agit sur la valeur de la densité de courant d'inversion. Cette influence est relativement indépendante du semi-conducteur considéré. C'est ainsi que Au, Pt, Ni *retardent l'inversion tandis que* Al, Zn, Mg, Ca *l'avancent.*

(¹) On voit donc que Ag détecte fortement, avec la galène « insensible » dans la phase β, avec le sulfure cuivreux dans la phase α (voir conclusions 3°, *b*).

b. Elle agit sur l'intensité de la détection : Cette seconde influence dépend du semi-conducteur associé. On peut prévoir cependant qu'un métal donnant une détection intense avec un semi-conducteur du type α *donnera une détection médiocre avec un semi-conducteur du type* β *(et vice versa) sauf si la détection a lieu dans des phases opposées.*

4° *Une augmentation de la pression au contact* retarde *l'inversion.*

ÉCONOMIE RURALE. — *Des conditions dans lesquelles se propage la maladie communiquée aux Campagnols par le virus de Danysz.* Note de MM. **Robert Régnier** et **Roger Pussard**, présentée par M. P. Marchal.

L'importante pullulation de Campagnols (*Microtus arvalis* Pallas), qui s'est produite dans la Haute-Normandie depuis 1923, vient d'être en partie enrayée grâce à l'utilisation du virus de Danysz, fabriqué par la Station entomologique de Rouen, en partant de souches microbiennes fournies par l'Institut Pasteur. Outre les perfectionnements que nous avons apportés à la méthode, nous nous sommes efforcés de préciser les conditions dans lesquelles pouvait se propager la maladie communiquée aux Campagnols par le virus.

Ces conditions nous paraissent en somme assez limitées; ce serait, en effet, une erreur de penser qu'il suffit de contaminer quelques individus pour déclancher sur tout un territoire une épizootie généralisée.

De septembre à janvier, les Campagnols vivent groupés dans leurs nids, faits de paille hachée, où par suite de la chaleur qui y est entretenue, de nombreux parasites et commensaux pullulent. Il n'est pas rare, en faisant des labours de contrôle quinze jours après le traitement, de trouver jusqu'à 12, 18 et même 24 Campagnols morts ensemble dans le même même nid, souvent avec quelques-uns à demi dévorés. Nos expériences de laboratoire et nos observations sur le terrain prouvent qu'il n'est pas nécessaire que tous les Campagnols aient mangé de l'avoine imprégnée de virus pour contracter la maladie, et qu'il peut y avoir contamination, mais que celle-ci se fait surtout dans trois conditions : par cohabitation, par ingestion d'aliments souillés par les excréments d'individus malades, et par consommation de sujets contaminés.

Il suffit de placer un Campagnol sain dans un nid ou dans une cage contaminés pour amener sa mort en quelques jours. Peut-être faut-il attribuer cette contamination à la présence de parasites, et notamment des Puces ayant piqué des Campagnols en période d'incubation, ou à l'habitude qu'ont

ces rongeurs de hacher avec leurs dents la paille intérieure du nid qui, ici s'est trouvée souillée par les excréments. En effet, si normalement les nids ne renferment jamais d'excréments, les Campagnols déféquant à l'entrée d'une galerie, il n'en est pas de même pour ceux atteints par la maladie qui, généralement après le quatrième jour ne quittent plus le nid. Il s'ensuit une infection du milieu par les fèces, dont on sait l'importance dans le cas des paratyphoïdes. *A fortiori*, l'ingestion des aliments infectés favorise la contamination.

La consommation des individus malades ou morts ne joue pas un rôle moins important. Il est fréquent de trouver des Campagnols dévorés par leurs semblables. Nos expériences montrent que la contamination est extrêmement rapide : la mort du Campagnol ainsi infecté survient entre 2 à 4 jours, tandis que, par ingestion d'aliments souillés par les excréments, il faut souvent 6 à 10 jours, l'incubation étant plus longue.

La propagation de la maladie dans ces conditions est un fait absolument certain; la propagation d'un nid à l'autre, ou plutôt d'un système de galeries à l'autre, si elle peut se faire dans la période d'incubation de la maladie, ne paraît au contraire qu'accidentelle; elle est, en tout cas, beaucoup moins rapide, celle-ci ne se produisant qu'à la suite de l'utilisation de galeries ou de nids infectés ou de l'intrusion par erreur d'un Campagnol malade dans l'habitation de Campagnols sains, fait assez rare, étant donné l'acuité du sens olfactif chez ces animaux.

Il s'ensuit que, malgré la perfection des traitements, un certain nombre de couples parviennent à échapper à l'épizootie; ce sont eux qui assureront à nouveau la pullulation de l'espèce, quand les circonstances redeviendront favorables.

Il importe donc, lors de l'application du traitement, d'en généraliser le plus possible l'emploi dans toute la zone envahie, sans omettre les friches, les bords de chemin et les talus, et de réduire ensuite les taches qui auraient pu subsister quelques mois plus tard par des traitements avec les gaz, ou les appâts empoisonnés, ou un nouveau traitement avec le virus.

HISTOLOGIE. — *Investigations histologiques sur certains éléments de la rétine.* Note de M. **E.-P. Fortin**, transmise par M. Henneguy.

Les 29 juillet 1907 et 1er juin 1908, Dastre a présenté à l'Académie notre entoptoscope, appareil facilitant la vision très nette de phénomènes difficilement observables auparavant.

Cet instrument réalise une plage éclairée par une lumière très diffusée de courtes longueurs d'ondes visibles ($436^{\mu\mu}$).

La source lumineuse est une lampe à vapeur de mercure Cooper Hewitt recouverte d'une gélatine colorée par le cristal violet. Cette lumière bleue spéciale révèle une série d'apparitions entoptiques que nous localisons dans l'étage moyen de la rétine. Mieux que dans les meilleures préparations microscopiques, apparaissent *la circulation capillaire rétinienne, les houppes de Haidinger, les cercles de la mosaïque fovéale, le fin réseau qui l'entoure, etc.* Au contraire, ce serait la lumière rouge orangée que nécessiterait la vision des gros vaisseaux rétiniens situés, eux dans un plan plus antérieur, du côté du vitré.

Nous avons recherché histologiquement ce que nous avions vu par la méthode entoptique; nous n'avons étudié que des rétines d'yeux de Singe énucléées sous le chloroforme ou d'Homme énucléées pour cause d'accident.

Fovéa. — Seules les expériences entoptiques établissent que le siège de la fixation d'une image est situé au centre même de la fovéa. Il y existe un élément privilégié qui joue en quelque sorte le rôle de centre des coordonnées rétiniennes. Autour de lui symétriquement sont situés d'autres éléments d'acuité de moins en moins parfaite à mesure que l'on s'en éloigne.

A Rochon-Duvigneaud revient le mérite d'avoir le premier décrit l'existence du bouquet de cônes centraux. Ceux-ci à proprement parler n'apparaissent sur une coupe que sous forme de longs filaments disposés en éventail allant de la choroïde à une fine membrane en arc de cercle, la limitante externe.

Cônes. — Nous les avons toujours vu se terminer à la choroïde par un panache, il est vrai très fragile.

Limitante externe. — La constance de son épaisseur moindre de 1^{μ} sur quelque 3^{μ} d'étendue est remarquable. Elle a pour nous un rôle physiologique important; se fixant en avant près du muscle ciliaire, en arrière sur le nerf optique, nous la considérons comme un chevalet-tenseur, isolant les uns des autres cônes et bâtonnets. Il nous paraît invraisemblable que, au moins au centre de l'œil, une membrane d'une telle délicatesse soit l'épanouissement de ces énormes fibres de Müller que nous y avons cherchées en vain.

Rapport des cônes et des bâtonnets. — Nous avons microphotographié des coupes d'étages successifs de la rétine dans des plans perpendiculaires. La symétrie entre les éléments y est parfaite. Le cône semble communiquer au travers de la limitante avec son grain, et ce dernier est encadré dans une formation régulière ogivale produite par la jonction des fibres de bâtonnets en deçà de la limitante.

Couche des fibres de Henle. — Entre les deux couches de grains internes et externes, nous en avons toujours observé une intermédiaire d'une pureté

remarquable formée exclusivement des fibres de Henle. S'irradiant du centre de la fovéa vers la périphérie, elles atteignent plus de 400$^{\mu}$. Cette couche, bien que mince à l'*ora serrata*, représente au centre de l'œil un tiers de la rétine. C'est l'une des *formations les mieux définies anatomiquement du corps humain*. Les étages rétiniens des grains externes ne sont reliés à l'interne que par ces fibres longues et flexibles. Il s'ensuit qu'ils peuvent peut-être s'approcher ou s'écarter, d'où explication possible des phénomènes de micropsie et de macropsie entoptique. A la suite de Dimmer, nous y localisons le phénomène des houppes de Haidinger.

Couche régulière des petits appareils. — En 1907, nos expériences entoptiques nous révélèrent l'existence d'une couche rétinienne inconnue parfaitement régulière, formée d'éléments tous égaux, se projetant entoptiquement comme de petits cercles. Il était impossible de l'identifier avec la couche des cônes. Dans des préparations de rétines fraîches, au lieu de plexus provenant de l'écrasement, nous avons toujours rencontré des vésicules toutes égales entre elles et sur le côté desquelles se terminent les fibres de Henle. Leur convexité tournée vers le vitré est en contact avec des ramifications excessivement fines.

Couches des capillaires rétiniens. — On savait depuis longtemps que la couche neuro-épithéliale était avasculaire. Nous avons reconnu comme rigoureusement exact que cette moitié de la rétine ne contient aucun globule mais entre la neuro-épithéliale et la surface des grains internes, circulant entre de larges formations aplaties, nous avons constaté l'existence d'un remarquable réseau capillaire où nous croyons pouvoir localiser le joli phénomène de la circulation entoptique. Ces capillaires ont un calibre uniforme, parfois cent fois plus long que large.

La couche des cônes ne serait pas la couche perceptrice. — C'est en se basant sur les expériences entoptiques que l'on crut pouvoir admettre que la couche des cônes et bâtonnets serait la couche perceptrice. Nous croyons que cette importante fonction ne lui appartient pas, mais est réservée à de fins éléments placés un peu en avant de la couche si régulière des petits appareils que nous avons décrits.

Les globules du sang sont nettement visibles et ne pénètrent pas dans la couche neuro-épithéliale. Comment admettre qu'un globule de 1$^{\mu}$ d'épaisseur, c'est-à-dire presque transparent, puisse donner une image ou une ombre nette en lumière diffusée sur la membrane de Jacob distante de lui de plus de 300$^{\mu}$?

De plus, la couche des cercles visibles entoptiquement, que nous croyons pouvoir identifier avec celle des petits appareils, n'a presque pas de parallaxe; donc elle doit être très voisine de la couche sensible.

EMBRYOGÉNIE. — *La contraction protoplasmique des ébauches embryonnaires chez l'Épinoche et l'Épinochette.* Note de MM. **P. Wintrebert** et **Yung Ko-Ching**, transmise par M. F. Henneguy.

Les œufs très transparents d'Épinoche (*Gasterosteus aculeatus* L.) et d'Épinochette (*Pygosteus pungitius* L.) sont un matériel de choix pour l'examen physiologique des premiers stades du développement. On sait depuis longtemps (Ramson, 1867; Henneguy, 1888) que ces œufs, fécondés ou non, présentent après la ponte et durant une heure et demie environ, à 15° C., des contractions de leur écorce protoplasmique qui aboutissent à la concentration du germe. Les mouvements protoplasmiques que nous signalons et qui, à notre connaissance, n'ont pas encore été observés sont fonction de l'œuf en développement.

Ils naissent 24 heures après la fécondation, à 18° C., au moment où le capuchon blastodermique a revêtu les $\frac{2}{5}$ de l'œuf, dépassent l'étape de fermeture du blastopore vitellin, sont contemporains des battements cardiaques primitifs et cessent au bout de deux jours, à l'avènement de la circulation sanguine, quand déjà s'exécutent les premiers déplacements musculaires du tronc. Ils ont pour siège, avant la fermeture du blastopore vitellin, le blastoderme, le parablaste l'écusson embryonnaire, l'écorce plasmique du vitellus à découvert et, plus tard, les parois externe et interne de la cavité sus-vitelline, l'embryon excepté. Les œufs d'Épinoche et d'Epinochette les présentent de même, qu'ils soient fécondés par le sperme de l'une ou de l'autre espèce.

L'allure générale du mouvement est essentiellement la même que dans l'œuf indivise. La contraction creuse à la surface de l'œuf une dépression qui chemine lentement et dont la profondeur, l'étendue, la vitesse de propagation varient suivant les conditions de milieu, l'âge des ébauches, le tissu qui en est le siège. Le sillon de contraction, généralement arciforme à l'équateur de l'œuf, séparant deux bosselures égales, devient circulaire en s'approchant de l'un des pôles et circonscrit alors une calotte saillante qui s'efface peu à peu.

Dans une eau oxygénée, entre 15° et 20° C., les mouvements sont fréquents. Le lieu de leur apparition, le sens de leur propagation, le mode de leur terminaison sont généralement imprévisibles. Cependant certaines contractions ont un caractère rythmé; elles se renouvellent pendant plusieurs heures, par exemple à 20° C., à des intervalles variant de 1 à 3 minutes (rarement de 6 minutes), en des temps presque égaux (6 minutes environ), naissant au même point, suivant le même chemin, réalisant un mouvement de même ampleur.

On voit parfois, comme sur l'œuf insegmenté, deux et trois contractions évoluer ensemble, chacune gardant son indépendance. Elles ont le même support anatomique ou des supports différents, soit toute l'épaisseur des feuillets organisés, soit un seul de ceux-ci. Le syncytium vitellin, c'est-à-dire le parablaste et, plus tard, le plancher de la cavité sus-vitelline, présente sans conteste les contractions les plus fréquentes et les plus vives, fait qui est en faveur de sa participation très active à la formation de l'embryon; par contre, l'écorce plasmique du vitellus encore à nu ne montre que des sillons légers et rares.

Pour préciser le mode des mouvements, nous distinguerons deux périodes séparées par la fermeture du blastopore vitellin.

I. *Période d'enveloppement du vitellus.* — Le point de départ habituel des mouvements se trouve au niveau du bourrelet blastodermique, aux abords de l'écusson embryonnaire. Celui-ci dans son action prend un aspect fissiforme, tandis que le blastoderme se creuse d'un sillon bordé de hautes falaises curvilignes dues au refoulement latéral et au plissement des régions blastodermiques voisines.

II. *Période postblastoporale.* — L'embryon, devenu inerte, se déplace et se déforme passivement; les contractions du syncytium vitellin passent sous lui et en dehors de lui. Les parois externe et interne de la cavité sus-vitelline se contractent soit ensemble, soit isolément; dans le premier cas elles sont en contact intime dans un fossé profond; dans le second, on voit, autour de la tête, le volet ectodermique distant se rabattre de proche en proche sur le plancher immobile, ou celui-ci onduler sans participation de celui-là.

La contraction protoplasmique des ébauches embryonnaires brasse le milieu intérieur et favorise les échanges avant que soit établie la circulation sanguine. Elle cesse au niveau de l'embryon quand les organes axiaux et para-axiaux commencent leur différenciation. Elle est un nouvel exemple [1] de fonctionnement transitoire lié à une phase définie du développement.

PHYSIOLOGIE. — *Durée de conservation de la propriété fécondatrice des spermatozoïdes des Mammifères dans l'épididyme séparé de l'organisme.* Note [2] de M. E. **Iwanow**, présentée par M. Roux.

Les spermatozoïdes des Mammifères peuvent conserver leur mobilité pendant plusieurs jours et même pendant plusieurs semaines (Iwanow) [3],

[1] P. Wintrebert, *Les fonctions embryonnaires des appareils de relation chez les Vertébrés anamniotes* (*Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 927).

[2] Séance du 17 août 1926.

[3] E. Iwanow, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1854.

en restant dans l'épididyme du testicule séparé de l'organisme. L'énergie et le nombre des spermatozoïdes mobiles diminuent avec l'augmentation de la durée de conservation de la glande sexuelle en dehors de l'organisme.

Cette diminution de vitalité s'effectue assez lentement pendant les 2 à 4 premiers jours qui suivent l'ablation de la glande sexuelle; elle se produit ensuite beaucoup plus rapidement. Pour entretenir plus longtemps la vitalité des spermatozoïdes, la castration doit être exécutée aseptiquement et la glande séparée doit être conservée à la température de 1° à 2° C. dans un récipient en verre stérile soudé ou bouché à l'émeri pour empêcher la dessiccation du tissu.

Une série d'expériences faites sur les différents animaux de laboratoire et sur de grands animaux domestiques (Iwanow) a prouvé la possibilité de provoquer une fécondation suivie d'un développement normal de l'embryon, au moyen d'une injection artificielle dans la voie sexuelle d'une femelle en rut, des permatozoïdes conservés en dehors de l'organisme pendant 26 heures.

Avant l'injection les spermatozoïdes sont dilués avec du sérum physiologique ou avec une solution de Lock, Ringer, etc.

L'exécution des expériences, faites en vue de savoir pendant combien de temps se conserve la propriété fécondatrice des spermatozoïdes des Mammifères dans les conditions indiquées, présente un intérêt non seulement scientifique, mais aussi pratique.

Nous avons exécuté nos expériences sur des lapins et sur des cobayes, d'abord en 1924, ensuite en 1925 et 1926. Les premières expériences ont été faites sur 14 cobayes.

Le 12 décembre 1924, la femelle n° 64 a été ensemencée par des spermatozoïdes dans la liqueur de Lock conservés 2 jours; le 6 décembre, les cobayes n°s 69 et 71 ont reçu des spermatozoïdes conservés pendant 3 jours ; le 8 décembre, la femelle n° 77 a reçu des spermatozoïdes conservés pendant 5 jours; le 15 décembre, les cobayes n°s 72, 73, 78, ont été ensemencées par des spermazoïdes conservés pendant 5 jours; le 25 novembre, les cobayes n°s 14, 15, 61 ont été ensemencées par des spermatozoïdes conservés pendant 12 jours; le 12 novembre, les cobayes n°s 13, 16, 17, 19 ont reçu des spermatozoïdes conservés pendant 19 jours.

Aucune de ces 14 femelles-cobayes n'a conçu. Parmi les femelles de contrôle fécondées artificiellement avec des spermatozoïdes pris immédiatement après la castration, une seule, le n° 75, a conçu. L'insuccès de la fécondation doit être en grande partie attribué à la saison défavorable, à la température insuffisante du local et à la faible mobilité des spermatozoïdes. Une mobilité énergique des spermatozoïdes n'a été observée que dans l'expérience du 12 décembre (2 jours); dans tous les autres cas, ce n'est que l'expérience du 6 décembre (3 jours) qui ait permis de voir un faible mouvement progressif.

En 1925, les expériences ont été faites sur 26 lapines et 3 cobayes :

Le 26 août, les lapines nos 25, 26, 28, 29 reçoivent des spermatozoïdes conservés 40 heures; le 3 septembre, les lapines nos 40, 41, 42, 43, 45 des spermatozoïdes conservés 58 heures; le 26 juin, les lapines nos 13, 14, 15 des spermatozoïdes conservés 2 jours; le 19 juillet, les lapines nos 17, 18 des spermatozoïdes conservés 2 jours; le 11 août, les lapines nos 20, 21, 22, 23, 24 reçoivent des spermatozoïdes conservés 3 jours; le 14 mai, les lapines nos 7, 8, 9 des spermatozoïdes conservés 3 jours; le 14 juin, les lapines nos 10, 11 des spermatozoïdes conservés 3 $\frac{1}{2}$ jours; le 25 mai, les lapines nos 3, 5 des spermatozoïdes conservés 5 jours.

Le 12 septembre 1925, les cobayes nos 8, 9, 10 sont ensemencées avec des spermatozoïdes conservés 3 jours.

Cette année-là (1925) les conditions de saison furent plus favorables, mais la mobilité des spermatozoïdes fut en général au-dessous de la moyenne. La conception ne s'est produite que dans un seul cas, chez la lapine n° 22. Cette lapine a été fécondée artificiellement avec des spermatozoïdes qui ont été gardés pendant 3 jours en dehors de l'organisme dans les conditions sus-indiquées.

En 1926 les expériences ont été exécutées selon nos indications par notre aide, Mlle le Dr V.-V. Polovtzeva, qui les continue en ce moment. Nous avons déjà des résultats positifs de fécondation artificielle obtenue avec des spermatozoïdes conservés pendant sept jours en dehors de l'organisme (une lapine) et pendant huit jours (une cobaye).

La proportion de fécondations réussies diminue, comme auparavant, avec l'augmentation de la durée de conservation des spermatozoïdes en dehors de l'organisme.

Le délai de huit jours est déjà bien suffisant pour le transport de la substance fécondante à de grandes distances, surtout par la voie de l'aéro-poste.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De l'immunité antitétanique chez le nouveau-né.* Note (¹) de MM. **L. Nattan-Larrier**, **G. Ramon** et **E. Grasset**, présentée par M. Roux.

L'anatoxine tétanique, grâce à sa parfaite innocuité et à son pouvoir immunisant très élevé, donne toutes facilités pour étudier nombre de questions concernant l'immunité antitétanique et l'immunité antitoxique. Utilisant l'anatoxine tétanique, d'abord chez l'animal d'expériences, puis dans l'espèce humaine, nous nous sommes proposé de rechercher en premier lieu si l'immunité conférée à la mère par cette anatoxine est transmissible, et sous quelle forme, à ses descendants; en second lieu, si l'immunité active peut être procurée au nouveau-né et par quels moyens.

Trois lapines reçoivent, au cours de leur gestation, deux injections sous-cutanées (à 18 jours d'intervalle) de 1$^{cm^3}$ chacune, d'anatoxine tétanique

(¹) Séance du 9 août 1926.

ayant un bon pouvoir antigène, dosé par la méthode de floculation; lors de la mise bas, 9 à 10 jours après la seconde injection, ces lapines ont une immunité antitétanique telle qu'il suffit de 1^{cm^3} de leur sérum pour neutraliser au moins 2000 fois la dose de toxine tétanique, mortelle pour le cobaye; les petits présentent, le jour même de leur naissance, sensiblement la même immunité que leur mère. Cette immunité si prononcée que possèdent les petits lapins nés de mères injectées avec l'anatoxine tétanique est une *immunité passive* due au passage de l'antitoxine maternelle à travers le placenta. Cette constatation confirme ce que les travaux d'Ehrlich et ceux de Vaillard avaient déjà montré autrefois. Le lait des lapines ainsi immunisées par l'anatoxine contient, en moindre proportion que le sérum, de l'antitoxine spécifique; il ne confère cependant pas l'immunité passive (et ne la renforce pas si elle existe déjà) aux petits lapins allaités par ces lapines. Ceci est en contradiction avec les résultats obtenus par Ehrlich chez la souris, mais confirme par contre les faits si bien établis par Vaillard dans sa magistrale étude sur l'hérédité de l'immunité acquise.

On peut chercher à procurer au nouveau-né, par l'intermédiaire de la mère, non plus l'immunité passive, mais l'immunité active : injectons dans les veines d'une lapine, 2 jours avant la mise bas, 30^{cm^3} d'anatoxine tétanique (qui sont très bien supportés), les petits n'acquièrent ni immunité ni aptitude à s'immuniser. Il en est de même, si l'on fait allaiter des lapins nouveau-nés par une lapine qui reçoit pendant sa lactation des injections intra-veineuses répétées d'anatoxine tétanique.

Cette *immunité active* qui ne peut être procurée indirectement aux lapins nouveau-nés, peut leur être conférée, directement, soit en leur injectant, soit en leur faisant ingérer de l'anatoxine tétanique. Un petit lapin qui reçoit le lendemain de sa naissance $0^{cm^3},5$ d'anatoxine sous la peau, a déjà au bout de 20 jours une immunité telle que 1^{cm^3} de son sérum neutralise deux doses mortelles (pour le cobaye) de toxine tétanique; à la suite d'une deuxième injection, faite 20 jours après la première, 1^{cm^3} de son sérum neutralise 500 doses mortelles. Si, à deux reprises, séparées par un intervalle de 15 jours, on fait ingérer à des lapins nouveau-nés, pendant 3 ou 4 jours 2^{cm^3} d'anatoxine chaque jour, 1^{cm^3} de leur sérum peut par la suite neutraliser jusqu'à 50 doses mortelles. Ainsi, chez le lapin nouveau-né, l'immunité active résultant de l'ingestion d'anatoxine est moindre que celle due à l'injection; de plus, dans ce dernier cas, l'immunité du jeune lapin est moins prononcée que celle de l'adulte (1).

(1) Les essais d'immunisation par ingestion que l'un de nous (G. Ramon) avait effectués, soit chez des agneaux âgés de 2 mois avec l'anatoxine tétanique, soit chez des enfants âgés de plusieurs années, avec l'anatoxine diphtérique, ne lui avaient donné que des résultats négatifs. Ces essais sont actuellement repris sur de nouvelles bases.

Les résultats expérimentaux ainsi acquis chez l'animal, les renseignements recueillis chez l'homme adulte, par Zoeller et l'un de nous, devaient nous fournir des iudications précieuses pour des essais chez la femme enceinte et chez le nouveau-né. L'anatoxine tétanique s'est toujours montrée absolument inoffensive chez ces derniers; injectée à différents stades de la grossesse chez la femme, elle n'a pas provoqué la plus petite réaction.

Deux injections d'anatoxine tétanique de 1^{cm^3} chacune, pratiquées à 1 mois d'intervalle (au début du huitième mois de grossesse) suivies d'une troisième, faite huit jours après la seconde, développent une immunité telle que 1^{cm^3} du sérum de la femme ainsi traitée neutralise 600 doses mortelles pour le cobaye. Dans ces conditions, le nouveau-né auquel cette femme donne le jour, a, lui aussi, une bonne immunité, moindre pourtant que celle de sa mère; 1^{cm^3} de son sérum (sang du cordon), neutralise 200 doses mortelles. L'immunité que transmet ainsi la mère au fœtus est encore ici une immunité passive; elle peut, lorsqu'elle est aussi prononcée que l'indiquent les chiffres ci-dessus, durer au moins 2 mois. L'allaitement par une mère immunisée ne confère, comme chez l'animal, aucune immunité au nourrisson.

Les injections sous-cutanées d'anatoxine tétanique peuvent procurer au nourrisson l'*immunité active*; cette immunité est plus faible que chez l'adulte; après deux injections d'anatoxine ($0^{cm^3},5$ et 1^{cm^3}) faites à 3 semaines d'intervalle, 1^{cm^3} du sérum du nourrisson ainsi traité neutralise deux doses mortelles (pour le cobaye) (1).

Ces recherches en dehors de leur intérêt théorique présentent un intérêt pratique au point de vue de la prophylaxie du tétanos. Elles permettent d'envisager la possibilité, grâce à l'anatoxine, d'assurer dans certains cas la protection du nouveau-né vis-à-vis du tétanos d'origine ombilicale; on sait en effet que cette affection est une des causes de la mortalité infantile dans certaines régions de l'Afrique. La même protection pourrait d'ailleurs être conférée aux rejetons de nos femelles domestiques qui ont une grosse valeur économique.

A $15^h 20^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

(1) Certains de ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par Ribadeau-Dumas et ses collaborateurs dans leurs essais d'immunisation du nourrisson par l'anatoxine diphtérique.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 AOUT 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la régularité du mouvement diurne et sur la possibilité de la contrôler au moyen de nos pendules.* Note de M. **Bigourdan**.

L'expérience des signaux rythmés radiotélégraphiques, acquise pendant les dernières années (¹), montre que les perturbations de transmission de ces signaux (entre un point d'émission et un point de réception situés l'un et l'autre à la surface de la Terre) n'exercent sur la durée de transmission qu'une influence inférieure à $0^s,01$. Et, même en y ajoutant l'erreur de réception, surtout quand on reçoit par un bon enregistrement, l'erreur totale ne dépasse guère non plus $0^s,01$.

Il est vrai que quand on compare les heures absolues de réception des *mêmes* signaux horaires dans *divers* observatoires (après avoir tenu compte des corrections de pendule C_p et des différences de longitude ΔL), les écarts sont souvent plus de 10 fois plus grands, c'est-à-dire supérieurs à $0^s,10$ (*voir* le Tableau VII du *Bulletin horaire*). Mais cela tient visiblement à l'introduction, dans ces comparaisons, des éléments étrangers C_p et ΔL, introduction qui d'ailleurs est nécessaire pour les usages habituels des signaux.

Supposons qu'au lieu de comparer ainsi les heures corrigées ou *absolues*

(¹) G. Bigourdan, *Sur la propagation des ondes hertziennes à grande distance : ordre de grandeur, en temps, des perturbations de propagation* [*Comptes rendus*, 176, p. 1099 (1923; obs. de 1922); — 180, p. 203 et 351 (1925; obs. de 1923)]. Ces notes sont réunies dans mes *Mélanges scientifiques*, nᵒˢ 20-22, p. 157-171.

on compare les heures non corrigées ou *brutes*. Alors les indications brutes des divers garde-temps, correspondant aux *mêmes* signaux, seraient presque aussi exactes que si tous ces garde-temps se trouvaient réunis en un seul point de la Terre, en un même observatoire.

La comparaison des nombres (A) ainsi obtenus permettrait de résoudre diverses questions intéressantes, et notamment de vérifier la parfaite régularité du mouvement diurne, c'est-à-dire la constance actuelle du jour sidéral. En effet, la confrontation de ces résultats permettrait d'abord de reconnaître et de laisser de côté les garde-temps qui auraient pu avoir un changement de marche soit *individuel*, soit *régional* à extension plus ou moins grande.

L'ensemble des autres, se servant mutuellement de *témoins*, constituerait, en dehors de toute détermination astronomique de l'heure, un *étalon* de temps artificiel, peut-être un peu arbitraire, mais parfaitement comparable à l'*étalon normal* d'aujourd'hui, savoir la durée de rotation de la Terre, constatée par les passages méridiens d'étoiles.

Si le parallélisme de marche de ces deux étalons s'est bien conservé, on pourra conclure, avec la plus haute probabilité, que l'un et l'autre se sont maintenus bien réguliers. Mais si, à un même instant, la plupart des garde-temps *témoins* avaient présenté un changement quelconque dans leur marche, on pourrait conclure aussi, surtout après quelques constatations analogues, que c'est l'effet d'une irrégularité momentanée de l'étalon normal, c'est-à-dire du mouvement diurne.

Quant à la précision que comporte cette méthode, on peut l'évaluer aujourd'hui à $0^s,001$. En effet les bonnes pendules actuelles d'observatoire ne présentent pas d'irrégularité accidentelle supérieure à $0^s,01$. Par suite cent (10^2) de ces pendules suffiraient pour donner une précision 10 fois plus grande.

La comparaison des mêmes nombres (A) aurait d'autres avantages, parmi lesquels j'indiquerai les trois suivants :

1° Mettre à la portée de chacun, et en particulier de tout laboratoire ou observatoire, un moyen fréquent de contrôler son garde-temps local, sans observation astronomique; celle-ci ne resterait nécessaire que pour comparer différentiellement les deux étalons mentionnés ci-dessus.

2° Augmenter avantageusement la solidarité qui existe entre les services astronomiques, géodésiques, géographiques, géophysiques, pour tout ce qui touche la détermination de l'heure, des longitudes, de l'intensité de la pesanteur, de la fixité relative des continents, etc.

3° Permettre une sorte de *mobilisation générale* de tous les garde-temps, et la comparaison de deux quelconques d'entre eux, rapprochés ou éloignés, c'est-à-dire d'établir des concours mondiaux tout à fait internationaux, qui sans doute feraient progresser encore la construction horlogère. D'ailleurs ce concours sans déplacement aurait son siège où chacun voudrait; aucun lieu n'aurait d'autre privilège que celui qu'il tiendrait du nombre de garde-temps qu'il possède et qu'il peut comparer à tout instant.

Il est indispensable de considérer la somme de travail ou de dépense qu'exigerait la mise en application de ce système. Or il se trouve qu'elle peut actuellement être très petite, en raison de l'opération des longitudes intermondiales qui doit avoir avoir lieu du 1er octobre au 30 novembre prochains.

Environ 50 observatoires ont proposé de participer à cette opération. Dans ce but, chacun d'eux doit, d'un côté déterminer son heure locale (ce qui n'intéresse pas directement notre application) et de l'autre observer les signaux rythmés de certains postes radiotélégraphiques (Bordeaux-Lafayette, Saïgon, Honolulu, Washington). Ces signaux rythmés sont au nombre de 306 par série, émis en 300 secondes de temps moyen. Or il est recommandé à ces observatoires d'enregistrer ces 306 signaux, et naturellement de les relever en comparaison avec leur garde-temps local. Il suffira de se communiquer mutuellement par lettre ces relevés bruts déjà obtenus dans un autre but pour pouvoir faire l'application dont nous parlons. Même il ne sera pas indispensable de communiquer les résultats des 306 : nous demandons seulement que l'on veuille bien nous communiquer les heures brutes des signaux qui, dans l'émission du poste Lafayette ($20^h 1^m$-$20^h 6^m$), tant en ondes longues (18900^m) qu'en ondes courtes (32^m), ont les nos 113-122 et 235-244, c'est-à-dire qui respectivement précèdent immédiatement $20^h 3^m 0^s$ et $20^h 5^m 0^s$ de t. m. Gr. Et cela aurait lieu pour 30 jours consécutifs, commençant le 15 octobre prochain inclus.

D'ailleurs les observateurs qui recevront à l'oreille auront évidemment les moyens de déterminer les heures exactes des mêmes signaux 113-122 et 235-244.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

The bloodsucking Arthropods of the Dutch East Indian Archipelago. VII. The Tabanids of the Dutch East Indian Archipelago (including those of some neighbouring countries), by J.-H. Schuurmans Stekhoven Jr.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la théorie des parallèloèdres.* Note (¹) de M. **Boris Delaunay**, présentée par M. Hadamard.

Quels sont les corps convexes qui, comme les parallélépipèdes et les prismes à base hexagonale régulière, peuvent remplir l'espace en position parallèle sans cavités ? Cette question a été l'objet des recherches de Fedoroff (depuis 1881), Kelvin (1894), Minkowski (1896, 1897) et Voronoï (1908). Je me propose ici d'esquisser une théorie nouvelle complète pour l'espace ordinaire et de faire quelques remarques sur le cas de quatre dimensions.

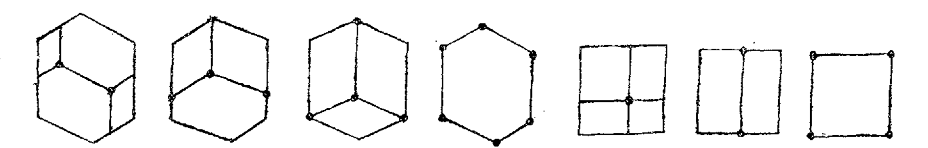
1. Lemme. — *Un polyèdre convexe dont chaque face admet une face opposée de la même aire, possède un centre de symétrie* (Minkowski, 1897).

2. Je ne fais pas l'hypothèse habituelle que tous les corps sont de la même grandeur : j'appelle « parallèloèdres » des corps convexes P remplissant l'espace et *homothétiques* deux à deux. Ce sont des polyèdres. Le lemme 1 démontre que : 1° ou bien ce sont des parallélépipèdes ou des prismes hexagonaux ayant des centres de symétrie, dans ce cas ces corps peuvent ne pas être égaux ; 2° ou bien ces P sont tous égaux et sont contigus seulement par des faces entières. Dans ce cas je les appelle P normaux.

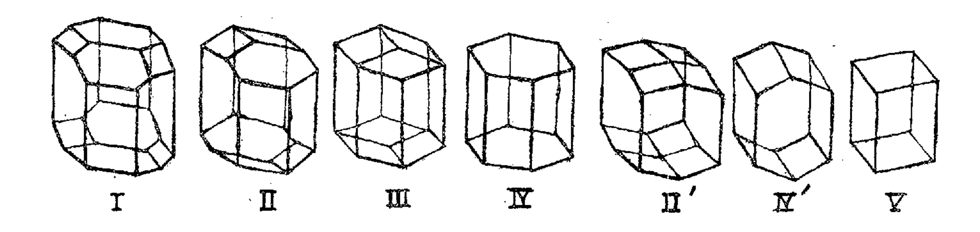
3. *Nouvelle déduction de tous les parallèloèdres normaux.* — Les faces des P ont aussi des centres et par suite chaque arête donne une zone fermée. En construisant tous les P adjacents à P_0 par les faces d'une telle zone, la projection de P, parallèlement à l'arête de cette zone, est un

(¹) Séance du 28 juin 1926.

parallélogramme ou un hexagone à centre. Si l'on construit tous les P adjacents à ces P seulement par les faces de cette zone, et ainsi de suite, on obtient une « couche » illimitée C_0 des P qui n'a pas de trous. Tous les centres des P de cette couche sont dans un même plan. La couche analogue C la plus rapprochée de C_0 est partout adjacente à C_0. On obtient ainsi les cas suivants (seuls possibles) des projections des P le long d'une zone fermée :



qui donnent les polyèdres



Les P_{II} et $P_{II'}$, d'un côté, et P_{IV} et $P_{IV'}$ ont les mêmes aspects au sens de Jordan. Il ne peut donc exister que 5 aspects de P normaux, les P non normaux appartiennent aussi à ces aspects (IV et V). Inversement on voit que *tout polyèdre convexe, ayant l'un de ces aspects et en plus un centre de symétrie et dont toutes les faces ont des centres de symétrie, est un* P.

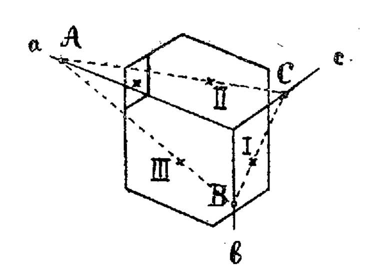
Corollaire : Si l'on fait une variation des arêtes d'une zone, en rapprochant parallèlement les calottes réunies par cette zone, le P reste un P.

4. Les centres des P normaux forment un réseau de Bravais E.

Théorème : *On peut faire une transformation linéaire* ($\star$) *de l'espace après laquelle les* P^* *seront des domaines de Dirichlet dans* E^*. J'appelle domaine de Dirichlet d'un point c de E^* le domaine D de tous les points qui sont plus près de c que de tout autre point de E^*. Il suffit de montrer qu'il existe une transformation ($\star$) après laquelle toutes les faces de P^* deviennent perpendiculaires aux droites qui joignent leurs centres au centre de P^*. La possibilité d'une telle ($\star$) a été démontrée par Voronoï analytiquement pour le cas spécial des P primitifs. Pour le cas général des P normaux à partir de $n = 4$, ce théorème n'est pas encore démontré.

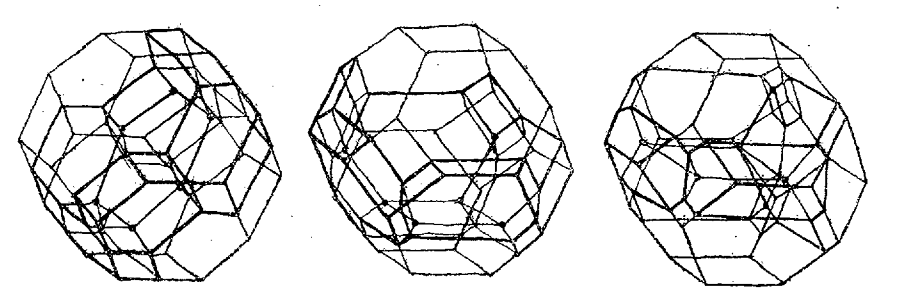
Pour $n = 2$ on obtient $(\star)$ quand l'ellipse circonscrite à l'hexagone devient un cercle.

Démonstration pour $n = 3$. — Faisons une transformation $(\star)$ auxiliaire $(\star')$ afin que : 1° les arêtes d'une zone deviennent perpendiculaires



au plan des centres de la couche de cette zone; 2° la projection de P sur ce plan soit inscrite dans un cercle r. Soit alors $\overline{E}$ le système des centres des P et la calotte correspondante de P. Les droites d'intersection des faces I, II, III avec le plan passant par leurs centres forment un triangle, dont les sommets sont sur les trois droites concourantes a, b, c, et il n'existe qu'un seul tel triangle. En dilatant parallèlement à l'arête de la zone, puis variant convenablement les arêtes, on obtient donc *tous* les P à zone droite qui ont la même projection de la calotte zonaire et la même épaisseur h de la couche zonaire. Tous ces P ont le même E. Si $k > 2r$ [ce que l'on peut toujours obtenir par $(\star')$], parmi ces P se trouve aussi le domaine de Dirichlet de $\overline{E}$. C. Q. F. D.

5. *Les trois types de paralléloèdres primitifs à quatre dimensions.* — En déplaçant deux réseaux de P de $n = 3$ on obtient (cf. § 3) les projections des P de $n = 4$ le long d'une zone fermée. En se servant des P_1 on obtient par exemple les trois types suivants des P primitifs :



C'est Voronoï qui a découvert analytiquement ces trois types (qui correspondent aux trois réduites dans la méthode de M. Charve pour les

formes quaternaires). Il a démontré que tous les D dans $n=4$ sont des cas particuliers de ces 3P. Chacun de ces 3P a 30 faces $n=3$, 150 faces $n=2$, 240 arêtes et 120 sommets. Je montre que dans $n=4$ certaines zones des P ne sont pas fermées, mais que si le P a une zone fermée il peut être transformé par (*) en un D. Reste à savoir si tout P dans $n=4$ a au moins une zone fermée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les opérations fonctionnelles linéaires échangeables avec la dérivation et sur les zéros des sommes d'exponentielles.* Note [1] de M. **G. Pólya**, transmise par M. J. Hadamard.

1. Le champ fonctionnel est constitué par l'ensemble des sommes d'exponentielles de la forme

$$a_0 e^{\lambda_0 z} + a_1 e^{\lambda_1 z} + \ldots + a_n e^{\lambda_n z} = f(z); \tag{1}$$

n est un entier, $a_0, a_1, \ldots, a_n$ sont réels, $\lambda_0, \lambda_1, \ldots, \lambda_n$ sont réels et appartiennent à un intervalle donné I. Tous ces nombres sont arbitraires, à part les conditions énoncées. Nous considérons une opération fonctionnelle **L** qui est déterminée par la donnée d'une fonction $L(x)$, analytique et à valeurs réelles en I, et qui transforme la somme d'exponentielles $f(z)$ en

$$\mathbf{L}f(z) = L(D)f(z) = L(\lambda_0)a_0 e^{\lambda_0 z} + L(\lambda_1)a_1 e^{\lambda_1 z} + \ldots + L(\lambda_n)a_n e^{\lambda_n z}.$$

Problème I. — *Déterminer la transformation* **L** *la plus générale qui conserve les racines réelles des sommes d'exponentielles* (1) *en ce sens que* $\mathbf{L}f(z)$ *n'a pas moins de racines réelles que* $f(z)$.

$L(x)$ est soit un polynome à racines toutes réelles, soit une fonction entière limite de polynomes de cette nature et $L(x)$ n'a pas de racine dans l'intervalle I.

Problème II. — *Déterminer la transformation* **L** *la plus générale conservant les sommes d'exponentielles de signe constant, c'est-à-dire ayant la propriété que* $\mathbf{L}f(z)$ *n'a pas de racine réelle d'ordre impair si* $f(z)$ *n'en a pas.*

$L(x)$ [ou $-L(x)$] est soit une somme d'exponentielles à coefficients a_v positifs, soit une limite de sommes de cette nature dans l'intervalle I. En

(1) Séance du 9 août 1926.

d'autres termes

$$L(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{xu}\, d\Phi(u) \tag{2}$$

et x se trouve dans I, $\Phi(u)$ étant monotone.

PROBLÈME III. — *Déterminer la transformation* L *la plus générale telle que la plus grande racine réelle d'ordre impair de* L $f(z)$ *ne soit pas supérieure à la racine analogue de* $f(z)$.

$L(x)$ [ou $-L(x)$] est soit une somme d'exponentielles à coefficients a_ν et exposants λ_ν positifs, soit limite de sommes de cette nature dans l'intervalle I. En d'autres termes, (2) est valable avec la restriction additionnelle que $\Phi(u)$ est constante pour $u < 0$.

2. On peut résoudre encore d'autres problèmes analogues, modifier le champ fonctionnel et trouver des cas particuliers curieux. Je mentionne e suivant :

Si le polynome

$$a_0 + \frac{a_1}{1!} z + \frac{a_2}{2!} z^2 + \frac{a_3}{3!} z^3 + \ldots$$

n'a que des racines réelles négatives, le polynome

$$a_k + \frac{a_{k+l}}{1!} z + \frac{a_{k+2l}}{2!} z^2 + \frac{a_{k+3l}}{3!} z^3 + \ldots$$

aura la même propriété ($k \geqq 0$, $l \geqq 1$).

Ce théorème est le *meilleur* de son espèce, c'est-à-dire qu'on peut en déduire tous les autres de nature analogue, par exemple le suivant :

Si le polynome

$$a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \ldots$$

n'a que des racines réelles négatives, le polynome

$$a_k + a_{k+l} z + a_{k+2l} z^2 + a_{k+3l} z^3 + \ldots$$

aura la même propriété ($0 \leqq k < l$).

Les deux théorèmes s'étendent aux fonctions entières qui sont limites de polynomes à racines toutes négatives. Ainsi, en appliquant le second théorème à la série exponentielle, on obtient que la fonction entière

$$\sum_{0}^{\infty} \frac{x^n}{\Gamma(1 + k + nl)} \qquad (-1 < k < l,\ l \geqq 2)$$

n'a que des zéros réels, pourvu que k, l soient des entiers.

Dans certains exemples, la dernière restriction s'est montrée superflue.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation analytique d'une classe de fonctions continues.* Note [1] de Mlle **N. Bary**, transmise par M. Émile Borel.

1. Dans un article récent [2], M. Banach considère la classe des fonctions continues vérifiant la condition (S) qu'il définit de la manière suivante : une fonction continue $f(x)$ satisfait à la condition (S) lorsque à chaque nombre $\varepsilon < 0$ correspond un nombre $\eta > 0$, de manière que $|E| < \eta$ entraîne $|Ey| < \varepsilon$ [3]. M. Banach démontre que la condition (S) est équivalente à l'ensemble des conditions (N) et (T_1). On dit, avec M. Lusin [4], que $f(x)$ vérifie la condition (N) lorsque mes $E = 0$ implique toujours mes $Ey = 0$. On dit, avec M. Banach [2], que $f(x)$ jouit de la propriété (T_1) si l'ensemble des valeurs, que la fonction $f(x)$ prend une infinité de fois, est de mesure nulle.

Le but de cette Note est de démontrer que *la classe des fonctions vérifiant la condition* (S) *ou, ce qui revient au même, les conditions* (N) *et* (T_1), *coïncide avec celle des fonctions absolument continues de fonctions absolument continues.*

Nous dirons qu'une fonction continue $f(x)$ jouit de la propriété (V) si l'ensemble Ey des valeurs de $f(x)$ sur l'ensemble E, où la dérivée $f'(x)$ n'existe pas ou n'est pas finie, est de mesure nulle. M. Menchoff et moi avons démontré récemment [5] que, pour qu'une fonction continue $f(x)$ soit une fonction absolument continue de fonction absolument continue, il faut et il suffit qu'elle jouisse de la propriété (V). Le théorème à établir se réduit ainsi à la démonstration de *l'équivalence de la condition* (V) *et de l'ensemble des conditions* (N) et (T_1).

---

(1) Séance du 17 août 1926.

(2) *Sur une classe de fonctions continues* (*Fundam. Mathem.*, 8, 1926, p. 166-172).

(3) En conservant les notations de M. Banach, E étant un ensemble quelconque, nous désignerons toujours par Ey l'ensemble des valeurs de $f(x)$ sur E; $|E|$ est la mesure extérieure de E.

(4) *L'intégrale et la série trigonométrique* (en russe), Moscou, 1915, p. 109.

(5) *Sur l'intégrale de Lebesgue-Stieltjes et les fonctions absolument continues de fonctions absolument continues* (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1373).

Je profite de l'occasion pour indiquer qu'il y a dans cette Note une ligne à ajouter : la phrase qui précède le théorème II (p. 1374) doit être lue ainsi : « Mais dans le cas remarquable d'une fonction de la forme $f[\varphi(x)]$ *où les extrêmes absolus de* $\varphi(x)$ *sont aux bornes de l'intervalle* (a, b), on a le théorème II ».

2. *Supposons que $f(x)$ jouisse de la propriété* (V). — Soit E l'ensemble des points où $f(x)$ n'existe pas ou n'est pas finie et e un ensemble de mesure nulle quelconque. On a $e = e^{(1)} + e^{(2)}$, $e^{(1)}$ étant la partie de e contenue dans E et $e^{(2)}$ les points de e où $f'(x)$ est déterminée et finie. En vertu de la propriété (V) on a $\text{mes}\, e_y^{(1)} = 0$; d'ailleurs on a $\text{mes}\, e_y^{(2)} = 0$; puisque $\text{mes}\, e^{(2)} = 0$ et $f(x)$ existe sur $e^{(2)}$. Il en suit que $\text{mes}\, e_y = 0$; e étant un ensemble de mesure nulle arbitraire, la fonction $f(x)$ jouit donc de la propriété (N).

Soit y_0 une valeur que $f(x)$ prend une infinité de fois. L'ensemble des points x tels que $f(x) = y_0$ a au moins un point limite x_0. Il est évident que la dérivée $f'(x_0)$ n'existe pas ou bien est égale à zéro. Mais si une fonction continue a une dérivée nulle sur un certain ensemble, l'ensemble de ses valeurs sur cet ensemble est de mesure nulle. Il suit de cette remarque et de la propriété (V) que l'ensemble des valeurs y que la fonction $y = f(x)$ prend une infinité de fois est de mesure nulle, $f(x)$ jouit donc de la propriété (T_1) [1].

Supposons maintenant que $f(x)$ jouisse des propriétés (N) et (T_1). — Soit H l'ensemble des valeurs que $f(x)$ prend une infinité de fois et R l'ensemble de tous les points x tels que les valeurs de $f(x)$ en ces points n'appartiennent pas à H. Soit D l'ensemble de tous les points où $f(x)$ atteint son maximum ou son minimum propre; D est au plus dénombrable (A. Denjoy). On voit d'après la définition même de R et de D qu'en tout point de R qui n'appartient pas à D tous les nombres dérivés de $f(x)$ ont même signe. Il s'ensuit [2] que la dérivée $f'(x)$ est déterminée et finie presque partout sur R — D, donc presque partout sur R [3]. Les points où $f(x)$ est indéterminée ou infinie ne se trouvent donc que hors de R ou dans un ensemble de mesure nulle sur R. Les valeurs de $f(x)$ pour les points de x n'appartenant pas à R forment l'ensemble H qui est de mesure nulle puisque $f(x)$ jouit de la propriété (T_1); les valeurs de $f(x)$ sur un ensemble de mesure nulle forment un ensemble de mesure nulle puisque $f(x)$ jouit de la propriété (N). Nous voyons donc que $f(x)$ jouit de la propriété (V) et l'équivalence de (V) et de l'ensemble des propriétés (N) et (T_1) est ainsi démontrée.

---

(1) Ce raisonnement est dû à M. Menchoff.

(2) Voir Skas, *Fund. Math.*, 5, 1924, p. 98-104.

(3) Cf. Banach, *loc. cit.*, p. 170.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégration des suites de fonctions totalisables*. Note [1] de **M. A. Kovanko**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$, ..., une suite (1) de fonctions totalisables (intégrables-Denjoy) sur $(a \leqq x \leqq b)$ qui converge presque partout sur (a, b) vers $f(x)$.

Lemme. — Quel que soit l'ensemble parfait P et l'intervalle (c, d), il existe dans (c, d) un intervalle (c', d') tel que, sur la partie P′ de P, située dans (c', d'); $f_n(x)$ est sommable pour tout $n > \mathfrak{N}$ ($\mathfrak{N}$ suffisamment grand), et, de plus, $\lim_{n=\infty}(\mathcal{L})\int_{\tilde{E}} f_n(\alpha)\,d\alpha$ ($\tilde{E}$ toute partie mesurable de P′) est une fonction absolument continue et additive de l'ensemble $\tilde{E}$.

En nous servant de ce lemme, nous avons démontré le théorème suivant :

Théorème I. — Soit $\mathfrak{F}(\tilde{E}) = \lim_{n=\infty}(\mathfrak{D})\int_{\tilde{E}} f_n(\alpha)\,d\alpha$ [2] une fonction de l'ensemble mesurable $\tilde{E}$ (elle est bien déterminée pour une infinité d'ensembles $\tilde{E}$ à cause de notre lemme), qui possède toutes les propriétés de l'intégrale de Denjoy, c'est-à-dire que $\mathfrak{F}(\tilde{E})$ est la totalisation de quelque fonction $\varphi(x)$. Donc [3] :

1° Quel que soit l'ensemble parfait P, l'ensemble des points, où $\mathfrak{F}(\tilde{E})$ est absolument continue et additive, est partout dense sur P;

2° $\mathfrak{F}(\tilde{E})$ existe si $\tilde{E}$ est un intervalle quelconque (c, d), de plus,

$$\lim_{\substack{c'=c\\ d'=d}} \mathfrak{F}(\overline{c'd'}) = \mathfrak{F}(\overline{c, d}) \qquad [(c'd') \text{ situé dans } (c, d)];$$

3° Quel que soit l'ensemble parfait P, l'ensemble P′ pour lequel la série ΣW_n est convergente [W_n désignant la valeur maximum $|\mathfrak{F}(x_1, x_2)|$ quand (x_1, x_2) prend toutes les valeurs possibles dans l'intervalle δ_n contiguë à P′] est partout dense sur P.

---

(1) Séance du 17 août 1926.

(2) $(\mathfrak{D})\int_{E} \varphi(\alpha)\,d\alpha = (\mathfrak{D})\int_{a}^{x} \varphi_1(\alpha)\,d\alpha$, où $\varphi_1(\alpha) = \varphi(x)$ sur $\tilde{E}$; $\varphi_1(x) = 0$ hors de $\tilde{E}$.

(3) Voir Denjoy, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 859-862.

Alors $f(x)$ est totalisable, et, de plus,

$$\lim_{n=\infty}(\mathfrak{D})\int_a^x f_n(\alpha)\,d\alpha = (\mathfrak{D})\int_a^x f(\alpha)\,d\alpha \qquad \text{et } \textit{vice versa}.$$

Si la suite (1) converge en mesure vers $f(x)$, nous pouvons énoncer le théorème suivant :

Théorème II. — Si le lemme énoncé a lieu pour la suite (1) et si de plus

$$\lim_{n=\infty}(\mathfrak{D})\int_{\tilde{E}} f_n(a)\,d\alpha$$

est une fonction qui possède toutes les propriétés caractéristiques de l'intégrale de Denjoy (voir théorème I), alors $f(x)$ est totalisable et

$$\lim_{n=\infty}(\mathfrak{D})\int_a^x f_n(\alpha)\,d\alpha = (\mathfrak{D})\int_a^x f(\alpha)\,d\alpha \qquad \text{et } \textit{vice versa}.$$

Comme cas particulier nous avons l'intégration des suites de fonctions sommables.

Dans ce cas, si $\lim_{n=\infty}(\mathfrak{L})\int_{\tilde{E}} f_n(\alpha)$ est une fonction absolument continue et additive de l'ensemble $\tilde{E}$, nous avons [1]

$$\lim_{n=\infty}(\mathfrak{L})\int_{\tilde{E}} f_n(\alpha)\,d\alpha = (\mathfrak{L})\int_{\tilde{E}} f(\alpha)\,d\alpha.$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la convergence des séries de la Mécanique céleste.* Note [2] de **Kyrille Popoff**, transmise par M. Paul Appell.

Dans une Note du 27 février 1882 à l'Académie des Sciences sur les intégrales d'un système d'équations différentielles, H. Poincaré fait la transformation conforme du domaine d'holomorphie des intégrales, considérées comme fonctions de la variable indépendante, sur un cercle et obtient ainsi des séries qui représentent les intégrales dans le domaine d'holomorphie. Plus tard (*Acta mathematica*, 31, 1907), il arrive à attirer dans ses considérations aussi les points critiques algébriques et les pôles.

---

(1) Voir ma Note (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 562) avec les errata insérés, 183, 1926, p. 436.

(2) Séance du 23 août 1926.

M. Sundman (*Acta mathematica*, t. 36, 1912-1913), en s'inspirant des idées de Poincaré, traite le problème des trois corps et arrive à des développements suivant les accroissements d'une variable, fonction du temps, valables pour toute valeur réelle de t. Mais en Mécanique céleste, on emploie des développements suivant certains paramètres tels que l'excentricité et la masse. L'objet de ce travail est d'appliquer à ces développements le point de vue de Poincaré.

Premier exemple : *Séries du mouvement elliptique suivant les puissances de l'excentricité.* — On sait, d'après Laplace, que ces séries ne restent convergentes pour toutes les valeurs de l'anomalie moyenne (M) qu'autant que l'excentricité (ε) est inférieure à 0,6627. Il est facile à montrer que par une simple transformation on arrive à rendre ces séries convergentes pour toutes les valeurs réelles de l'excentricité de 0 à +1. En effet, dans ce cas, la convergence est gênée par les points singuliers de l'anomalie excentrique (u) définie comme fonction de l'excentricité par l'équation de Képler

$$u - \varepsilon \sin u = \mathrm{M}.$$

Or M. L. Charlier a démontré (¹) qu'on n'a pas de points singuliers dans le plan de l'excentricité (considérée comme une quantité complexe) dans un domaine bien déterminé dont le contour est une courbe convexe, symétrique par rapport à l'origine, présentant des pointes aux points $\varepsilon = -1$, $\varepsilon = +1$, et coupant l'axe imaginaire à des distances 0,6627 ... de l'origine. Soit maintenant $e = \varphi(\varepsilon)$ la fonction qui donne la transformation conforme du domaine ci-dessus (ou bien du quadrilatère inscrit, dont les sommets coïncident avec les sommets de la courbe) sur un cercle de rayon 1 de façon qu'on ait $0 = \varphi(0)$ et que le point +1 du plan ε corresponde au point +1 du plan e. Les séries deviennent ainsi des fonctions holomorphes de e dans le cercle et par conséquent les développements suivant les puissances de e sont valables pour toutes les valeurs réelles de ε entre −1 et +1. Les coefficients des séries suivant les puissances de e se déduisent facilement des coefficients des séries suivant ε.

Autre exemple : *Le problème des trois corps.* — Ici on développe suivant les puissances des masses. Le rayon de ces séries tendant vers zéro avec t^{-1}, pour des grandes valeurs de t, les masses des planètes étudiées restent en dehors du cercle de convergence. Ces séries, d'une convergence limitée dans le temps, servent pourtant de base aux théorèmes dits de stabilité du système

(¹) C.-L. Charlier, *Mechanik des Himmels*, 2, p. 270.

solaire. Pour rendre ces séries convergentes pour une période aussi grande qu'on le veut, considérons les équations du mouvement qui, d'après les notations de Poincaré (*Leçons de Mécanique céleste*, 1), peuvent s'écrire

$$\frac{dx'_i}{dt}=\frac{dF}{dy'_i},\qquad \frac{dy'_i}{dt}=-\frac{dF}{dx'_i}\qquad (i=1, 2, \ldots, 9)$$

avec $F=F_0+F_1$. Ici F_0 est la partie principale de la fonction perturbatrice et contient la masse d'une des planètes en facteur; F_1 est de l'ordre du produit des masses des deux planètes.

Introduisons les équations

$$\frac{dx'_i}{dt}=\frac{d\Phi}{dy'_i},\qquad \frac{dy'_i}{dt}=-\frac{d\Phi}{dx'_i},$$

avec

$$\Phi=F_0+\mu F_1,$$

lesquelles pour $\mu=1$ représentent les équations du problème des trois corps. On démontre que les intégrales de ces équations sont des fonctions holomorphes du paramètre μ dans une bande du plan de μ, qui contient l'intervalle réel $(-1, +1)$ et que la largeur de cette bande dépend de la grandeur de l'intervalle de t et reste différente de zéro pour des valeurs finies de t. La transformation conforme de cette bande sur un cercle permet de rendre les séries convergentes pour $\mu=1$ dans l'intervalle de t que nous avons choisi arbitrairement grand ([1]).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode de N. Kryloff pour l'intégration approchée des équations de la physique mathématique.* Note ([2]) de M. **Krawtchouk**, transmise par M. Hadamard.

M. N. Kryloff (*Comptes rendus*, 180, 1925; 181, 182, 1926) a étudié, entre autres, pour l'intégration approchée du système

$$(1)\qquad L(y)=\frac{d^2y}{dx^2}+A(x)y=f(x),\qquad y(0)=y(1)=0,$$

la méthode nommée par lui la *méthode des moindres carrés*, et basée sur la

---

([1]) Voir ma Note *Sur la convergence des séries de la Balistique extérieure* (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 266).

([2]) Séance du 17 août 1926.

minimisation de l'intégrale $\int_0^1 [L(y)-f]^2\,dx$, au moyen des sommes finies de la forme $y_m=\sum_1^m a_i^{(m)}\varphi_i(x)$, où $\varphi_i(k)$ sont les fonctions aisément calculables (par exemple les sinus). Dans le cas où $A^{(r)}(x)$ et $f^{(r)}(x)$ vérifient la condition de Lipschitz d'ordre d, on aura, d'après les recherches susdites de M. N. Kryloff,

$$(2)\qquad \int_0^1 [L(u_m)]^2\,dx<[\varepsilon_m^{r+d}]^2,\qquad |u_m|<\varepsilon_m^{r+d},\qquad |u'_m|<\varepsilon_m^{r+d},$$

où $u_m=y-y_m$ et ε_m^{r+d} a l'ordre de la petitesse de $\frac{1}{m^{r+d}}$. Le but de cette Note est la détermination de l'ordre de petitesse de $y^{(j)}-y_m^{(j)}$ $(j=2,3,\ldots)$ et par suite l'étude de la convergence des dérivées de l'ordre plus haut de y_m.

Soit $y'_m=\sum_{k=1}^m b_i^{(m)}\cos\pi kx$, et posons

$$(3)\qquad Y_m^{[j]}=\frac{1}{(2y_m)^{j-1}}\int_{x-y_m}^{x+y_m}\cdots\int_{x-y_m}^{x+y_m} y_m^{(j)}\,dx^{j-1}\qquad (j=2,3,\ldots,r+2);$$

alors, en vertu de $\frac{\sin\pi ky}{y}=\pi k-\frac{y^2}{6}(\pi k)^3+\frac{y^4}{120}(\pi k)^5-\ldots$, on aura

$$(4)\qquad Y_m^{[j]}=y_m^{(j)}+d_1 y_m^2 y_m^{(j+2)}+d_2 y_m^4 y_m^{(j+4)}+\ldots,$$

où d_i sont tels que $\frac{\sin y}{y}=1+d_1y^2+d_2y^4+\ldots$.

D'autre part, vu l'inégalité $\int_a^b |L(u_m)|\,dx<\varepsilon_m^{r+d}\sqrt{b-a}\ (0\leqq a\leqq b\leqq 1)$, qu'on tire immédiatement de (2), on aura

$$(5)\qquad \left|\frac{1}{(2\eta_m)^{j-1}}\int_{x-y_m}^{x+y_m}\cdots\int_{x-y_m}^{x+y_m}(y^{(j)}-y_m^{(j)})\,dx^{j-1}\right|$$
$$=\left|\frac{u'_m(x+\overline{j-1}\,y_m)-\overline{j-1}\,u'_m(x+\overline{j-3}\,y_m)+\ldots+u'_m(x-\overline{j-1}\,y_m)}{(2\eta_m)^{j-1}}\right|<\frac{\varepsilon_m^{r+d}}{\sqrt{(\eta_m)^{2j-1}}},$$

d'où, d'après le théorème de la moyenne, on tire

$$(6)\qquad |y^{(j)}(x+\overline{j-1}\,\theta_m\eta_m)-Y_m^{[j]}|<\frac{\varepsilon_m^{r+d}}{\sqrt{(y_m)^{2j-1}}}\qquad (0\leqq\theta_m\leqq 1),$$

et ceci, si l'on prend $\lim\limits_{m\to\infty}\eta_m=0$, $\lim\limits_{m\to\infty}\frac{\varepsilon_m^{r+d}}{\sqrt{(\eta_m)^{2j-1}}}=0$, donne lieu pour $j\leqq r+2$

à la conclusion

$$y^{(j)} = \lim_{m \to \infty} Y_m^{(j)},$$

où l'ordre de petitesse de $Y_m^{(j)} - y^{(j)}$ peut être fixé en correspondance avec celui de γ_m.

Or, d'après le théorème de Bernstein et De la Vallée-Poussin concernant les dérivées des sommes trigonométriques, on a $|y_m^{(l+1)}| < K m^l$ (où K est indépendant de l), donc on voit, d'après (4) et (6), que pour $j < \frac{2}{3}(r+d) + \frac{1}{2}$, $\eta_m = \varepsilon_m \frac{r+d}{j+\frac{1}{2}} + \frac{3}{2j+1}$, l'ordre de petitesse de $y^{(j)} - y_m^{(j)}$ est non moindre que $\frac{r+d}{j+\frac{1}{2}} - \frac{3}{2}\frac{j-\frac{1}{2}}{j+\frac{1}{2}}$.

Soit encore

$$y_{m,k}^{[j]} = y_m^{(j)} + d_1 \eta_m^2 y_m^{(j+2)} + \ldots + d_k \eta^{2k} y_{m_1}^{(2j+k)}:$$

alors, pour $\alpha > \frac{1}{2}$, on peut toujours prendre k et γ_m telles que

$$y^{(r+2)} = \lim_{m \to \infty} y_{m,k}^{[r+2]}$$

et l'ordre de petitesse de $y^{(r-2)} - y_{m,k}^{[r+2]}$ pourra aussi être fixé.

Enfin, vu l'inégalité

$$\left| \int_0^1 |A(x) u_m^2 - u_m'^2| \, dx = \left| \int_0^1 L(u_m) u_m \right| dx \right| \leqq \sqrt{\int_0^1 [L(u_m)]^2 \, dx \int_0^1 u_m^2 \, dx},$$

(utilisée aussi par M. Kryloff pour la démonstration de la convergence de sa méthode), tous les résultats de cette Note se transportent immédiatement à la méthode de Ritz, et tout porte à croire que ceci aura lieu aussi pour la méthode de N. Kryloff (182, 1926), qui comprend comme cas particuliers la méthode de Ritz ainsi que celles des moindres carrés.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la justification du principe de Rayleigh par l'ordre de l'erreur commise à la $n^{ième}$ approximation.* Note (1) de MM. N. **Bogoliouboff** et N. **Kryloff**, transmise par M. Hadamard.

En mécanique statistique, il est bien connu que le passage du discret au continu peut être fait de deux manières différentes, savoir : 1° sur les

(1) Séance du 17 août 1926.

équations du problème en leur substituant des équations différentielles; 2° sur les solutions de ces équations aux différences finies et la question se pose si ces deux voies sont équivalentes. Ce *principe de Rayleigh* a été fondamental (Rayleigh, H. Poincaré) en Physique mathématique; sa justification qui, malgré bien des travaux (Plancherel, Robbins, Richardson), reste, ce nous semble, incomplète, est l'objet de cette Note.

I. Si $y(x)$ et $y^{(n)}(x_k)$ vérifient respectivement les systèmes (1) et (2),

$$(1) \qquad \frac{d^2 y(x)}{dx^2} = q(x)y(x) + f(x), \qquad y(b) = y(a) = 0 \qquad [q(x) > 0];$$

$$(2) \quad \frac{\Delta^2 y_k^{(n)}}{\Delta x^2} = q(x_k)y_k^{(n)} + f(x_k) \quad (k = 0, \ldots, n-2), \qquad y_0^{(n)} = y_n^{(n)} = 0, \quad \Delta x = \frac{b-a}{n};$$

alors

$$(3) \quad [y^{(n)}(x_k) - y(x_k)] = [y_k^n - y_k] = -\sum_0^n C(x_k, t_i)\, q_i [y_i^{(n)} - y_i] \Delta t + \varepsilon_k^{(n)},$$

où $C(x, t)$ est la fonction de Green et

$$\varepsilon_n = -\left[\sum_0^n C(x_k, t_i) q_i y_i \Delta t - \int_a^b C(x_k, t) q(t) y(t)\, dt\right] + [F_n(z_k) - F(x_k)],$$

$$F(x) = -\int_a^b C(x, t) f(t)\, dt, \qquad F_n(x_k) = -\sum_0^n C(x_k, t_i) f(t_i) \Delta t;$$

on déduit de (3), en se souvenant que dans le cas considéré

$$\sum_k^n \sum_i^n C(x_k, t_i) q_i q_k h_i h_k \Delta x \Delta t > 0,$$

$$\sum_{k=0}^n q_k [y_k^{(n)} - y_k]^2 \Delta x \leqq \sum_{k=0}^n q_k \varepsilon_n [y_k^{(n)} - \mathbf{y}] \Delta x < \max |\varepsilon_n|^2 q;$$

en appliquant la même inégalité à (3) et en utilisant la propriété de la fonction de Green, on s'assure que $|y_k^{(n)} - y_k| < M |\varepsilon_k^{(n)}|$, où $M = \text{const.}$ et $|\varepsilon_k^{(n)}|$ sera de l'ordre de la petitesse de $\frac{1}{n^2}$, si $f'(x)$ et $q'(x)$ vérifient par exemple la condition de Lipschitz.

II. L'étude du cas général (avec paramètre λ) aboutit à la formule

$$(4) \quad \sum_{k=0}^n q_i [y_i^{(n)} - y_i] \Delta t < \frac{2}{|\lambda - \lambda_k^{(n)}|^2} \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{[\varepsilon_i^{(n)}]^2}{q_i} \Delta t} + 2 \sum_{i=0}^n \varepsilon_i^{(n)} q_i \Delta t \leqq \frac{M}{d} \varepsilon_i^{(n)},$$

où $\lambda - \lambda_k = d$, λ_k et $\lambda_k^{(n)}$ étant les valeurs singulières du paramètre relatives

respectivement à l'équation différentielle et à l'équation aux différences; par le même artifice on tire de (4) l'ordre de petitesse de $|y_i^{(n)} - y_i)$, en supposant que l'ordre de $|\lambda_k - \lambda_k^{(n)}|$ est $\frac{1}{n}$.

III. Pour trouver cet ordre et pour le calcul des fonctions fondamentales $\varphi_k(x)$, on procède de proche en proche; ici on se bornera à l'indication relative au calcul de λ_1 et de $\varphi_1(x)$. On a

$$(5)\quad \begin{aligned} \frac{1}{\lambda_1^{(n)}} - \frac{1}{\lambda_1} &= \sum_{i,j}^{n} C_{ij} h_i^{(n)} h_j^{(n)} \Delta^2 - \int_0^1 \int_0^1 C(x, t) \varphi_1(x) \varphi_1(t)\, dt\, dx \\ &= \left[\sum_{ij}^{n} C_{ij} h_i^{(n)} h_j^{(n)} \Delta^2 - \sum_{i,j}^{n} C_{ij} h_i h_j \Delta^2 \right] \\ &\quad + \left[\sum_{i,j}^{n} C_{ij} h_i h_j \Delta^2 - \int_0^1 \int_0^1 C(x, t) \varphi_1(x) \varphi_1(t)\, dx\, dt \right] \\ &\leqq \left| \sum_{ij}^{n} C_{ij} h_i h_j \Delta^2 - \int_0^1 \int_0^1 C(x, t) \varphi_1(x) \varphi_1(t)\, dx\, dt \right|, \end{aligned}$$

où $\sum_1^n q_i h_i^2 \Delta_1 = 1$;

$$(6)\quad \sum_1^n q_i h_i^{(n)2} \Delta = 1,$$

les $h_i^{(n)}$ étant les valeurs de h_i rendant maximum $\sum_{ij}^{n} C_{ij} h_i h_j \Delta^2$ sous la condition (6); en utilisant dans (5) le théorème de la moyenne et en y posant

$$h_i = \varphi_1(\varepsilon_i) \frac{q(\varepsilon_i)}{q(x_i)},$$

on aura l'ordre $1/\lambda_1^{(n)} - 1/\lambda_1$. Pour trouver $|\varphi_1(x) - \varphi_1^{(n)}(x)|$, partons de

$$(7)\quad \frac{\Delta^2 \varphi_i(x_i)}{\Delta x^2} + \lambda_1^{(n)} q(x_i) \varphi_1(x_i) = \varepsilon_n(x_i),$$

où l'ordre de

$$\varepsilon_n(x_i) = \left[\frac{\Delta^2 \varphi_1(x_i)}{\Delta x^2} - \frac{d^2 \varphi_1(x_i)}{dx^2} \right] + (\lambda_1^{(n)} - \lambda_1) q(x_i) \varphi_1(x_i)$$

peut être évalué, car $\frac{d^3 \varphi_1}{dx^3}$ est uniformément borné. En appliquant à (7) une

formule analogue à celle de Schmidt, nous aurons, d'après la condition

$$\int_a^b q(x)\,\varphi_1^{(n)}(x)\,dx = 1: \quad C \geqq \sqrt{1 - \frac{\eta}{n^2}\,\frac{\varepsilon_n^2(b-a)\max|q(x)|}{[\lambda_2^{(n)} - \lambda_1^{(n)}]^2}} \quad (\text{où } |\eta| > A = \text{const.}),$$

donc l'ordre de $|\varphi_1(x_i) - \varphi_1^{(n)}(x_i)|$ est égal à celui de ε_n,

$$|\varphi_1(x_i) - \varphi_1^{(n)}(x_i)| \leqq \left[1 - \sqrt{1 - \frac{\eta}{n^2}\,\frac{\varepsilon_n^2(b-a)\max|q(x)|}{[\lambda_2^{(n)} - \lambda_1^{(n)}]^2}} + \max|\varepsilon_n|(b-a)M\right].$$

IV. Dans la démonstration de la validité du principe de Rayleigh on peut se placer au point de vue du problème de minimum. De même, pour le problème le plus simple du calcul des variations, *si la fonction $f(x, y, y')$ sous le signe de l'intégrale à varier vérifie les conditions*

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y'^2} \geqq d > 0; \quad \left(\frac{\partial^2 f}{\partial y\,\partial y'}\right)^2 - \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \leqq -\beta < 0; \quad |f''_{yy'}| < M; \quad \left.\begin{matrix} f'_y \\ f''_{yx} \end{matrix}\right\} < N\left|\frac{\Delta y}{\Delta x}\right| + P|y|,$$

M, N, P *étant constants, on peut justifier le principe de Rayleigh, et dire l'ordre de la petitesse de l'erreur commise en s'arrêtant à $n^{\text{ième}}$ approximation.*

GÉOLOGIE. — *Essai d'interprétation morphologique des Bouches de Cattaro.* Note de M. JACQUES BOURCART.

Les Bouches de Cattaro, profonde indentation que prononce la mer dans un pays de montagnes élevées, sont un des traits les plus étranges du littoral dalmate. Le port militaire de Cattaro, au pied du massif du Lovčen (1759^{m}), se trouve, à vol d'oiseau, à 10^{km} de la mer au point où elle est la plus proche; il en est séparé par deux chaînes dont l'une culmine à 768^{m}, l'autre à 586^{m}. Pour l'atteindre par bateau, il faut faire un trajet de plus de 40^{km}.

Les Bouches ont schématiquement la forme suivante : deux grands lacs maritimes, allongés dans le sens des plis, sont réunis entre eux et à la mer par deux détroits très resserrés. Le premier de ces lacs, en forme de besace, s'étend de Topla à Teodo; il est formé de deux baies en ovale, réunies par le détroit de Kumbur. Ce lac communique avec la mer par un détroit dont la largeur la plus faible est inférieure à 2^{km}. L'autre lac, le plus intérieur, présente le même étranglement en besace, les deux baies de Risano et de Cattaro ont l'une et l'autre une forme de triangle isoscèle, leurs bases se trouvant sur la même courbe, comme le détroit de Perasto qui les réunit. Une passe extrêmement resserrée, les Catene, réunit ce lac intérieur au

précédent; elle est exactement perpendiculaire à l'étranglement de Perasto, au milieu de celui-ci.

Pour expliquer une forme aussi curieuse, on a fait appel à deux hypothèses, l'effondrement sous la mer soit d'un bassin fluvial, soit d'un grand *polje* karstique. Le seul examen des cotes de profondeur ne permet pourtant pas, comme l'avait déjà démontré Sawicki, d'accepter ces explications. La profondeur est en effet presque uniforme dans les deux lacs : dans le premier, elle est de — 42 dans la baie de Topla, de — 44 dans l'étranglement de Kumbur et de — 40 dans la baie de Teodo; dans le second de — 32 dans les deux baies de Risano et de Cattaro, juste au centre de gravité du triangle, et de — 38 dans l'étranglement de Perasto. Le détroit des Catene a une profondeur de — 36; l'entrée des Bouches, entre les pointes Kobila et Luštica, de — 44. L'uniformité exclut l'hypothèse d'un creusement karstique, le manque de pente continue celui d'un creusement fluvial.

D'autre part, l'une et l'autre explication font appel à l'hypothèse générale d'un effondrement de l'Adriatique nord au Quaternaire. J'ai déjà montré que tous les faits que l'on peut observer le long des côtes obligent à abandonner cette célèbre théorie [1].

Dans une précédente Note [2], j'ai indiqué quelles étaient les lignes directrices de la tectonique de la région. C'est elle qui doit nous conduire à une explication des formes du terrain. Les deux lacs sont en effet l'un et l'autre dans des synclinaux; le synclinal autochtone est tantôt étroitement resserré, réduit à quelques mètres, tantôt ennoyé sous la mer, tantôt forme des dépressions fermées quoique imperméables ou une vallée torrentielle. Il ne peut donc avoir été, au niveau des Bouches, une ancienne vallée fluviale. Il est nécessaire de supposer que les deux synclinaux se sont abaissés sous la mer, ou qu'ils sont restés immergés quand les anticlinaux se soulevaient. Ceux-ci portent même en quelques points l'indication d'un mouvement de cette nature, sous forme de terrasses d'abrasion (Ercegnovi, environ + 50^{m}). Il ne m'a pourtant pas été possible d'y trouver de plages soulevées comme à Sabbioncello.

La caractéristique de toute la région est le développement extraordinaire qu'y prend la zone II et la forme en S des plis de la zone autochtone ou des zones charriées. Le détroit d'entrée correspond au maximum de courbure de l'arc convexe et à une fracture avec un important décrochement, les

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 953, 1086, 1298.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 423.

Catene à une faille disjonctive, sans aucun rejet, au point de plus forte courbure de l'arc concave.

Je considère donc que les Bouches de Cattaro doivent leur origine à un ennoyage transversal de tous les plis, puis à leur accentuation, compliquée de leur torsion en S. Le resserrement des plis n'est pas un phénomène particulier à cette région dans l'Adriatique; j'ai déjà montré qu'il permet seul d'expliquer, dans la Kerka maritime, ou la mer de Novigrad, les lacs allongés dans les synclinaux. Les positions des fractures dans les arcs anticlinaux correspondent du reste à celles que Brouwer leur assigne, à la suite de ses belles études sur les guirlandes mouvantes des Indes néerlandaises.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les greffes d'Alliaire et de Chou.* Note de M. **Lucien Daniel**, transmise par M. P.-A. Dangeard.

Darwin a, l'un des premiers, signalé la lutte pour l'existence qui s'exerce entre les animaux et les végétaux, et montré que ceux-ci se défendent à l'aide de moyens mécaniques (poils et épines de leur surface) ou chimiques (tannins, acides, essences, etc.) désagréables aux déprédateurs. La production de ces substances peut être exaltée, diminuée ou même annihilée sous l'influence de divers facteurs parmi lesquels j'ai, dès le début de mes recherches, signalé le greffage.

Cette année, j'ai observé un fait curieux et très démonstratif d'influence de la symbiose sur le chimisme quantitatif des produits de défense au cours de leur développement chez deux Crucifères voisines, l'Alliaire et le Chou fourrager. La première, fréquente dans nos haies, possède une saveur et une odeur alliacées caractéristiques qui lui ont valu son nom; la seconde, dans la race dont je me suis servi, présente des feuilles larges, gaufrées, de couleur jaunâtre, à saveur piquante nettement caractérisée.

L'Alliaire, au début de la deuxième année de son développement, prend facilement sur le Chou fourrager jeune, à la condition de ne pas planter et greffer en même temps. Ayant fait au début de mars 26 greffes d'Alliaire sur Chou, j'obtins une réussite totale; les hypobiotes portaient des rameaux d'appel feuillés qui, comme à l'ordinaire, jouaient un rôle important dans la prospérité de chaque association; les épibiotes poussaient avec des vigueurs inégales suivant les exemplaires et quelques-uns se ramifièrent de bonne heure.

Un jour, à la fin d'avril, je fus très surpris de voir les pigeons d'un colombier voisin s'abattre sur mes greffes, brouter à la fois les feuilles des Choux hypobiotes, celles des épibiotes Alliaires et même les parties jeunes des

pousses, quand ils respectaient tous les témoins placés dans des conditions identiques, abstraction faite de la symbiose. Je savais que les pigeons mangent les feuilles des Choux fourragers l'hiver quand ils ne rencontrent pas d'autre nourriture meilleure, mais jamais ils ne touchent à l'Alliaire. Si donc ils s'étaient attaqués aux individus greffés, c'est que ceux-ci avaient subi une modification de leurs produits de défense, laquelle avait été perçue par ces oiseaux aux sens très développés. Je m'en rendis facilement compte en goûtant et sentant comparativement les témoins et leurs congénères greffés : la saveur et l'odeur alliacées des épibiotes s'étaient fortement atténuées ainsi que la saveur piquante des hypobiotes.

Les greffes dans lesquelles la mutilation des Alliaires avait été trop forte périrent toutes; je parvins à sauver les autres et à les défendre. D'ailleurs, au moment de leur fructification, les pigeons cessèrent de les attaquer. Quand les graines furent arrivées à maturité complète, quelques exemplaires se desséchèrent comme les témoins; les autres remontèrent et donnèrent une nouvelle floraison. A ce moment, les jeunes pousses de celles-ci et les feuilles de leurs hypobiotes Choux subirent une nouvelle attaque de la part des pigeons, mais elle fut moins vive que la première et dura moins longtemps. A ce moment, je goûtai à nouveau les épibiotes, les hypobiotes et les témoins; je trouvai que le produit alliacé des Alliaires et la saveur piquante des feuilles des Choux étaient atténués chez les types greffés par rapport aux témoins, mais cette atténuation était moindre qu'à la première végétation.

Non seulement j'ai constaté moi-même les faits, mais je les ai fait contrôler par des personnes non prévenues, habituées à l'observation scientifique, qui en ont reconnu la parfaite exactitude. Ces résultats permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° Le greffage, chez l'Alliaire et le Chou fourrager, fait varier le chimisme quantitatif des substances spécifiques, à rôle écologique de défense, fabriquées séparément par les associés. Leur production subit des oscillations au cours de la végétation et varie suivant qu'il s'agit de plantes donnant une ou deux floraisons et aussi suivant les exemplaires dont les autorégulations consécutives à la symbiose se font avec une facilité plus ou moins grande suivant la perfection relative des bourrelets de soudure.

2° Les variations des produits écologiques de défense et leurs oscillations au cours du développement ont été perçues par les pigeons à l'aide de leurs sens du goût et de l'odorat. C'est la meilleure preuve que le physiologiste ne doit pas négliger *a priori* les sensations organoleptiques dans les questions de greffe pas plus qu'ailleurs.

CHIMIE AGRICOLE. — *Méthodes chimiques pour déterminer si les sols agricoles ont besoin d'engrais azotés et potassiques.* Note de M. **Antonin Němec**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

J'ai fait connaître [1] une nouvelle méthode pour déterminer si les sols agricoles ont besoin d'engrais phosphatés et j'ai étudié aussi des méthodes chimiques analogues en ce qui concerne les besoins en engrais azotés et potassiques. Pour l'azote, j'ai opéré sur 30^g du sol, maintenu à l'humidité de 30 pour 100 d'eau et abandonné 14 jours à la nitrification. Après ce temps, j'ai préparé l'extrait par l'action de 100$^{cm^3}$ d'eau distillée (durée du contact, 1 heure), et sur 50$^{cm^3}$ j'ai dosé l'azote nitrique par la méthode de Clarke [2], modifiée pour l'analyse des sols agricoles [3]. La comparaison des résultats fournis par l'analyse microchimique avec ceux d'essais en plein champ (exécutés par l'*Union des Stations de recherches agronomiques en Tchécoslovaquie*) a montré la nécessité de déterminer spécialement, pour chaque espèce de plantes de grande culture, la proportion limite d'azote nitrique ou de potasse qui indique si le sol a besoin ou non d'engrais azoté ou potassique.

Voici les chiffres obtenus pour quelques espèces de plantes :

Betterave sucrière.

Lieu de l'essai.	Augmentation % du rendement par l'action du nitrate de soude (50^{kg} d'azote par hectare).	Effet global de la fumure azotée.	Azote nitrique en mg par kilogr. de terre.
Kolec	— 1,0 ± 4,68	0	121,63
Jenc	6,0 ± 9,57	0	111,46
Cáslav	0,6 ± 10,89	0	56,37
Veseli (Moravie)	20,9 ± 20,7	0	34,04
Slapanice (Moravie)	16,5 ± 18,52	0	32,88
Unhost	23,5 ± 16,24	+	25,24
Hrusovany (Moravie)	28,4 ± 21,09	+	21,68
Cáslav	32,0 ± 9,20	+	14,04
Zderaz	28,33 ± 20,32	+	11,52
Chrudim	42,05 ± 7,30	+	10,43
Zelátovice (Moravie)	18,25 ± 13,16	+	3,19
Karlov (Moravie)	83,2 ± 14,10	+	2,72

(1) Antonin Němec, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 314.

(2) G.-R. Clarke, *Oxford Forestry Memoirs*, 2, 1925, p. 1.

(3) A. Němec et K. Kvapil, *Sbornik vyzkumnych ustavu zemedelskych* (Prague, 23, 1926, p. 1).

Avoine.

Lieu de l'essai.	Augmentation % du rendement par l'action du nitrate de soude (20kg d'azote par hectare).	Effet global de la fumure azotée.	Azote nitrique en mg par kilogr. de terre.
Osek-Rokycany.....	—0,21 ± 1,25	o	95,18
Litovice...........	1,20 ± 4,68	o	68,09
Tabor..............	—0,22 ± 1,03	o	45,41
Plzen..............	1,67 ± 0,17	+	19,06
Radkov (Moravie)...	6,70 ± 3,00	+	18,78
Kurovice (Moravie)..	2,56 ± 1,34	+	12,85
Libejovice..........	5,49 ± 1,75	+	9,83
Horice.............	3,08 ± 0,10	+	4,97
Valecov............	5,22 ± 0,47	+	3,01

D'après les chiffres obtenus, *la teneur du sol en azote nitrique au-dessous de laquelle on peut prévoir un effet favorable de l'application des engrais azotés* (nitrate du Chili), *est : pour la betterave sucrière de* 25 *à* 30mg, *pour l'orge de* 22 *à* 28mg *et pour l'avoine de* 20mg *d'azote, par kilogramme de terre séchée à l'air libre.*

Pour déterminer la potasse, j'ai appliqué, dans les dosages, la méthode colorimétrique de Cameron et Failyer (¹) sur les extraits débarrassés préalablement des matières humides solubles par l'action de la chaux (1g) au bain-marie.

Lieu de l'essai.	Augmentation % du rendement par l'action du chlorure de potassium (100kg K^2O par hectare).	Effet global de la fumure potassique.	Potasse soluble dans l'eau en mg par kilogr. de terre.
	Betterave sucrière.		
Loucká............	—14,7 ± 9,85	o	115,7
Uhrineves..........	— 2,5 ± 7,37	o	50,62
Veselí (Moravie)....	—19,03 ± 22,4	o	66,94
Hrusovany (Moravie).	17,52 ± 21,49	o	48,66
Hospozin...........	1,0 ± 8,03	o	46,94
Karlov (Moravie)....	9,0 ± 15,17	o	37,15
Cáslav.............	15,92 ± 70,07	+	9,47
Zelátovice..........	15,75 ± 13,19	+	7,52
	Avoine.		
Valecov............	1,06 ± 1,82	o	25,95
Horice.............	— 1,40 ± 1,04	o	19,78
Radkov (Moravie)...	4,40 ± 3,10	+	13,12
Kurovice...........	2,11 ± 1,34	+	6,34

(¹) CAMERON et FAILYER, *Journ. Amer. Chem. Society*, 25, 1903, p. 1063.

Les sols présentant une teneur en potasse soluble à l'eau supérieure à 37^{mg} *par kilogramme de terre desséchée à l'air libre, n'ont guère été sensibles à l'addition des engrais potassiques, dans la culture de la betterave à sucre. Les teneurs limites cherchées ont été : pour l'orge entre* 10 *et* 20^{mg}, *pour l'avoine de* 13 *à* 19^{mg}, *pour les pommes de terre d'environ* 25^{mg} *par kilogramme de terre séchée à l'air.*

PHARMACOLOGIE. — *Sur l'inversion de l'action normale de l'adrénaline.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. A. Desgrez.

Ayant montré (1) que, comme les alcaloïdes actifs de l'ergot, la yohimbine paralyse les terminaisons du sympathique moteur et inverse les effets normaux de l'adrénaline, il nous a paru utile de comparer ces deux cas d'inversion.

Tout d'abord, il convient de remarquer que, contrairement aux alcaloïdes de l'ergot qui sont vaso-constricteurs, la yohimbine est vaso-dilatatrice. Cela infirme définitivement la théorie émise par Cannon et Lyman (2) qui attribuaient l'inversion des effets vasculaires de l'adrénaline, à l'hypertonus vasculaire provoqué par l'ergot.

En outre, chez le chien chloralosané, on obtient toujours avec la yohimbine l'inversion des faibles doses d'adrénaline ($\frac{2}{100}$ à $\frac{5}{100}$ de milligramme), tandis qu'avec l'ergotamine — le plus actif cependant des alcaloïdes de l'ergot — il est souvent impossible de l'obtenir. Par contre, également chez le chien chloralosané, l'inversion obtenue par l'ergotamine est d'autant plus accentuée que la dose d'adrénaline est plus forte, tandis que, avec la yohimbine, il est souvent difficile d'inverser complètement l'action des doses fortes d'adrénaline (0^{mg},5 à 1^{mg}).

Enfin, contrairement aux alcaloïdes actifs de l'ergot qui, si l'on en croit Dale (3), permettent d'abolir l'action cardio-accélératrice de l'adrénaline, la yohimbine laisse subsister cette action. Notre tracé (*fig.* 1), obtenu par l'enregistrement du cœur *in situ* montre en effet que, chez le chien chloralosané ayant reçu une dose moyenne de yohimbine (2^{mg} par kilogramme), l'adrénaline est bien devenue hypotensive, mais a conservé son action cardiaque normale. Bien plus, quand un chien chloralosané a reçu des doses subléthales de yohimbine (20^{mg} par kilogramme), l'adrénaline ne peut plus agir sur les vaisseaux maximalement dilatés, mais conserve encore son pouvoir cardio-accélérateur habituel (*fig.* 2).

(1) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2074.
(2) Cannon et Lyman, *The American Journal of Physiology*, 31, 1913, p. 376-398.
(3) Dale, *The Journal of Physiology*, 34, 1906, p. 176.

Puisque, chez le chien chloralosané soumis à l'action de la yohimbine, l'adrénaline, quoique conservant son action cardio-accélératrice normale, ne détermine le plus souvent qu'une hypotension immédiate et non précédée — comme c'est généralement le cas avec les alcaloïdes de l'ergot —

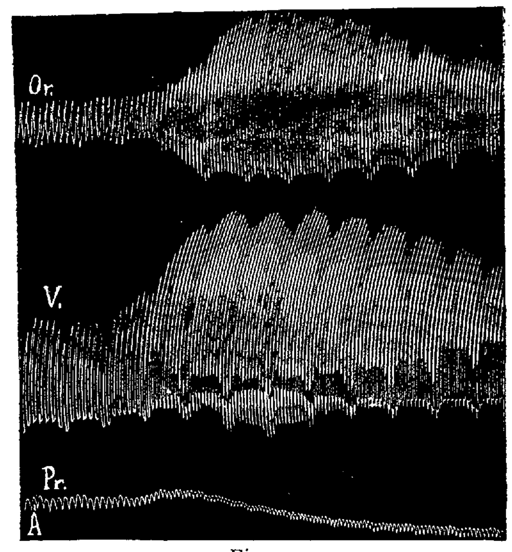


Fig. 1.

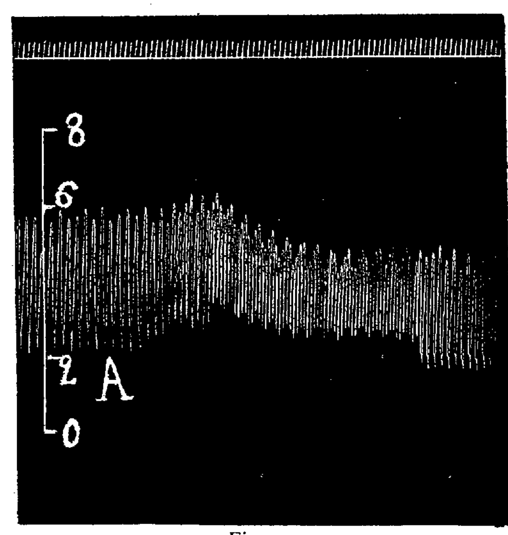


Fig. 2.

Fig. 1. — Tracé cardiographique par la méthode du cœur *in situ* et tracé de la pression carotidienne enregistrée au moyen du manomètre à mercure. — Or, tracé de l'oreillette; V, tracé du ventricule; Pr, tracé de la pression carotidienne. — En A, injection de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline dans la saphène d'une chienne de 13^{kg} chloralosanée et ayant reçu 26^{mg} de chlorhydrate de yohimbine pur de Gustrow en injection intraveineuse. — Tracé réduit de moitié.

Fig. 2. — Tracé de la pression carotidienne enregistrée au moyen du manomètre à mercure. — En A, injection de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline dans la saphène d'un chien de 10^{kg} chloralosané ayant ses vagues coupés, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu 200^{mg} de chlorhydrate de yohimbine en quatre injections intraveineuses successives. — Temps en secondes. — Tracé grandeur naturelle.

d'une hypertension passagère, il est difficile d'admettre avec Dale (¹) que cette hypertension passagère, que provoque très souvent l'adrénaline chez l'animal ergotisé, tient à la persistance dans ces cas du pouvoir cardio-accélérateur de l'adrénaline.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le virus claveleux traité par diverses aldéhydes*. Note de M. **E. Ducloux** et Mlle **G. Cordier**, présentée par M. A. Desgrez.

Les travaux de Ramon et Zœller sur les anatoxines ont ouvert aux chercheurs un champ d'études, et si les vaccins formolés retiennent l'attention lorsqu'il s'agit de cultures microbiennes, les résultats obtenus avec les virus formolés méritent aussi d'être enregistrés. Nos recherches portent sur le

(¹) Dale, *The Journal of Physiology*, 46, 1913, p. 293.

virus claveleux que nous entretenons régulièrement *in vivo* au laboratoire, depuis plusieurs années, pour la fabrication du vaccin préparé selon la technique de E. Ducloux [1]. Des essais de culture *in vitro* sur des milieux à base de fragments d'organes (reins de moutons, de cobayes) additionnés de sérums homologues ont été négatifs, de même que les essais de culture du claveau sur les mélanges au $\frac{1}{10}$ de bouillon Martin, sérum anticlaveleux d'une part, bouillon ordinaire, sérum anticlaveleux d'autre part.

Nous avons alors cherché un procédé d'atténuation du virus cultivé *in vivo* par action de quelques aldéhydes de la série grasse : le méthanal ou aldéhyde formique CH^2O. l'éthanal C^2H^4O et le butanal C^4H^8O. Notre technique fut la suivante : le produit des pustules claveleuses pesé, broyé, repris par l'eau physiologique, puis soumis à différentes actions mécaniques est enfin filtré avant d'être traité par les produits chimiques choisis.

Aldéhyde formique. — Le virus préparé comme nous venons de le voir est réparti en plusieurs flacons stérilisés dans lesquels nous ajoutons le méthanal à des taux qui, depuis le début de nos expériences, en janvier dernier, ont varié de 5 pour 1000 à 1,25 pour 1000 dernier chiffre auquel nous nous sommes arrêtés après de nombreux essais sur des lots de 4 à 5 moutons. Ces vaccins sont ensuite placés à l'obscurité, à la température de 14°-15° et agités une fois par jour durant 48 heures. Passé ce délai, ils sont répartis en tubes scellés.

Avec les chiffres de 5 et 3 pour 1 000 les réactions vaccinales ont été nulles (chaque mouton ayant reçu 1^{cm^3} en injection sous-cutanée). La contre-épreuve réalisée 14 jours après sous forme d'inoculation par piqûres multiples, de virus fraîchement prélevé, n'est pas satisfaisante. Tout le lot vacciné à l'aide de virus formulé à 5 pour 1000 réagit comme les témoins : induration, rougeur, pustule. Sur le lot à 3 pour 1000 la moitié environ, ne réagit pas, les autres présentent une forte induration. Ces vaccins hypothétiques à 5 et 3 pour 1 000 préparés le 7 janvier avaient été utilisés le 12 du même mois. Des essais tentés sur des lots de 6 à 7 moutons avec les virus formolés à 2,5 pour 1000, 2 pour 1000, 1,75 pour 1000 âgés d'un mois sont de plus en plus satisfaisants, au fur et à mesure que le taux en aldéhyde est plus faible (dose injectée : 1^{cm^3} sous-cutanée). La réaction vaccinale est parfois nulle, parfois fugace sous forme d'une très petite induration visible 4 à 5 jours après. A la contre-épreuve pratiquée 15 à 16 jours plus tard, soit par piqûres multiples avec application de lymphe virulente, soit par inoculation intradermique de la même lymphe, les lots semblent bénéficier de l'immunité, à peine remarque-t-on une faible induration, sans rougeur, sur l'un des moutons du lot à 2 pour 1000 alors que les témoins donnent une pustule classique.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 72, 1912, p. 279 et 709; 75, 1913, p. 380.

Devant ces résultats, nous avons cherché à renforcer encore notre vaccin en diminuant le taux du méthanal. A cet effet, un lot de 3 moutons est traité avec du virus à 1 pour 1000 en formol, à raison de 1^{cm^3} par animal. Deux d'entre eux faisant une réaction forte nous avons cherché la valeur d'un virus formolé à 1,25 pour 1000 à raison de $0^{cm^3},5$ par animal; 35 moutons ont été ainsi vaccinés dont 10 gardés durant un mois à l'Institut Arloing et 25 autres dans une exploitation au milieu d'un important troupeau; sur ces 35 moutons aucune réaction vaccinale n'a été visible. Dans le même troupeau 25 moutons avaient reçu chacun $0^{cm^3},5$ de virus à 1,5 pour 1000 sans aucune réaction. La contre-épreuve par piqûres multiples sur les 10 animaux gardés à l'Institut, a donné pour un seul une très légère induration sans rougeur ni suintement qui n'a été perceptible au doigt que durant 48 heures, rien pour les autres. Les 5 témoins ont eu au 6ᵉ jour une pustule très forte dont on a arrêté l'évolution par des injections de sérum. En outre de ces expériences, il a été procédé à la vaccination de 250 moutons dans une région où la clavelée avait déjà causé la mort de plusieurs têtes. Les animaux revus 15 jours après étaient en parfait état de santé et l'épizootie s'était arrêtée.

Éthanal et butanal. — Des expériences similaires ont été exécutées avec des virus traités par l'aldéhyde éthylique et par l'aldéhyde butylique à des taux décroissants. Nous ne pouvons rapporter ici tous nos essais; nous n'avons pas retenu de procédé pratique quant au butanal, par contre l'éthanal nous a fourni au taux de 2,75 pour 1000 et à la dose de $0^{cm^3},5$ par animal des résultats fort intéressants. Les derniers enregistrés sont consécutifs à la vaccination de 40 moutons dont 30 pris dans la même exploitation que les 25 au vaccin formolé à 1,25 pour 1000. Les 10 autres ont été gardés à l'Institut. Sur l'ensemble, 12 ont présenté, 5 jours après la vaccination, une induration qui a disparu vers les 9ᵉ et 10ᵉ jours. La contre-épreuve, dans les conditions habituelles (application de virus) sur les 10 moutons de l'Institut, n'a été suivie d'aucune réaction. Les 5 témoins par contre ont eu une formation de pustule très accusée.

Il ressort de ces expériences :

1° Une facilité de préparation et une garantie de conservation ;

2° L'action inoffensive des virus aldéhydés puisque dans les troupeaux où ils ont été utilisés, il n'a pas été constaté de clavelée ;

3° L'efficacité certaine de leur emploi étant donnée, d'une part : l'arrêt de la mortalité dans les régions infectées où ils ont servi à la vaccination, d'autre part, l'immunité solide qui est résultée de leur utilisation.

La séance est levée à $15^h 25^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 SEPTEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

CORRESPONDANCE.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les mouvements plans irrotationnels des fluides visqueux incompressibles.* Note de M. ALFRED ROSENBLATT.

1. Envisageons le mouvement plan d'un liquide visqueux incompressible. Désignons par Ψ la fonction de courant et par

$$u = -\Psi_y, \qquad v = \Psi_x$$

les composantes de la vitesse. Choisissons comme direction positive de la tangente s au point P d'une ligne de flux la direction de la vitesse et orientons la direction positive de la normale n par rapport à s comme l'axe des y par rapport à l'axe des x. Nous avons alors

$$(1) \qquad \Psi_s = 0, \qquad \Psi_n = -\sqrt{\Psi_x^2 + \Psi_y^2} = -q.$$

Une seconde dérivation par rapport aux arcs s et n de Ψ_s nous donne

$$(2) \qquad \begin{cases} \Psi_{ss} = \dfrac{\Psi_{xx}\Psi_y^2 - 2\Psi_{xy}\Psi_x\Psi_y + \Psi_{yy}\Psi_x^2}{q^2} - q\dfrac{\partial\alpha}{\partial s} = 0, \\ \Psi_{sn} = \dfrac{(\Psi_{xx} - \Psi_{yy})\Psi_x\Psi_y + \Psi_{xy}(\Psi_y^2 - \Psi_x^2)}{q^2} - q\dfrac{\partial\alpha}{\partial n} = 0, \end{cases}$$

α étant l'angle de s avec l'axe des x.

Envisageons maintenant l'effort Φ_n agissant au point P sur la ligne de flux du côté positif. Ses composantes Φ_{ns} tangentielle et Φ_{nn} normale sont données par les expressions suivantes :

$$(3) \qquad \begin{cases} \Phi_{ns} = \dfrac{\mu}{q^2}[(\Psi_{xx} - \Psi_{yy})(\Psi_y^2 - \Psi_x^2) - 4\Psi_{xy}\Psi_x\Psi_y], \\ \Phi_{nn} = -p + \dfrac{2\mu}{q^2}[-\Psi_{xy}(\Psi_x^2 - \Psi_y^2) + (\Psi_{xx} - \Psi_{yy})\Psi_x\Psi_y], \end{cases}$$

μ étant le coefficient de viscosité.

La première des formules (2) donne l'expression suivante de Φ_{ns} :

$$\Phi_{ns} = \mu\left(-\Delta\Psi + 2q\,\frac{\partial\alpha}{\partial s}\right). \tag{4}$$

De même l'emploi de la seconde des formules (2) permet d'écrire Φ_{nn} sous la forme

$$\Phi_{nn} = -p + 2\mu q\,\frac{\partial\alpha}{\partial n}. \tag{5}$$

La formule (4) donne ce théorème :

THÉORÈME 1. — *Dans les mouvements plans irrotationnels des liquides visqueux incompressibles, la composante tangentielle de l'effort agissant sur la ligne de flux est proportionnelle à la vitesse et à la courbure de cette ligne. Elle ne s'annule que pour les mouvements dont les lignes de flux sont des droites.*

De la formule (5) nous tirons ce théorème :

THÉORÈME 2. — *La composante normale de l'effort est égale à celle qui a lieu dans les liquides non visqueux seulement si les lignes de flux sont des trajectoires orthogonales d'un système ∞^1 de droites.*

2. Envisageons maintenant les formules

$$\left\{\begin{aligned} \Psi_{nn} &= \frac{\Psi_{xx}\Psi_x^2 + 2\Psi_{xy}\Psi_x\Psi_y + \Psi_{yy}\Psi_y^2}{q^2}, \\ \Psi_{ns} &= \frac{\Psi_{xy}(\Psi_y^2 - \Psi_x^2) - (\Psi_{yy} - \Psi_{xx})\Psi_x\Psi_y}{q^2}. \end{aligned}\right. \tag{6}$$

Nous avons

$$\Psi_{sn} - \Psi_{ns} = -q\,\frac{\partial\alpha}{\partial n}, \tag{7}$$

$$\Psi_{ss} + \Psi_{nn} = \Delta\Psi - q\,\frac{\partial\alpha}{\partial s}. \tag{8}$$

Dans un mouvement irrotationnel on a, en désignant par φ la fonction conjuguée de Ψ,

$$\Psi_{ns} = -\frac{\partial q}{\partial s} = -\frac{\partial q}{\partial\varphi}\varphi_s = q\,\frac{\partial q}{\partial\varphi}.$$

La formule (8) donne

$$\frac{\partial q}{\partial u} = 0, \tag{9}$$

donc q est constant le long des lignes équipotentielles. La formule (7) donne

$$\frac{\partial\alpha}{\partial n} = \frac{\partial q}{\partial\varphi}, \tag{10}$$

donc $\frac{\partial\alpha}{\partial n}$ est *constant* le long des lignes équipotentielles. Nous obtenons donc ce théorème :

THÉORÈME 3. — *Les seuls mouvements irrotationnels pour lesquels l'effort agissant sur les lignes de flux est normal sont les mouvements dans lesquels les lignes de flux sont des droites d'un faisceau de droites de sommet en un point fini ou à l'infini.*

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur les contacts rectifiants.* Note de M. H. **PÉLABON**, présentée par M. G. Ferrié.

On sait que la détection des ondes électromagnétiques peut être obtenue par un système métal-diélectrique-métal dans lequel l'épaisseur minima du diélectrique (l'air en général) est maintenue presque constante par interpolation de granules isolants ([1]).

Je me propose dans cette Note d'insister tout particulièrement sur les moyens pratiques de réaliser les détecteurs dont il s'agit.

Les poudres calantes peuvent être déposées à la surface de l'un des métaux par des procédés extrêmement variés.

Le plus simple consiste à laisser tomber sur la surface polie du conducteur une faible masse de l'isolant en poudre très fine, c'est ainsi que l'on opère avec la poudre de lycopode, la poudre de liège, etc. Rien n'empêche du reste de fixer définitivement les granules en s'aidant d'une solution très étendue de caoutchouc dans le benzène ou d'un vernis quelconque pour métaux, à condition de l'étendre suffisamment avec de l'alcool par exemple.

La condensation de la vapeur d'un corps sublimable, l'écrasement de la flamme de certains gaz en combustion, permettent d'effectuer des dépôts de soufre, de carbone, d'arsenic, de phosphore rouge, etc.

L'isolant peut être préparé sur la surface du métal par réactions chimiques. S'il s'agit de plomb, de zinc, de cadmium, de magnésium, etc., une exposition à l'air donne l'oxyde ou le carbonate. Une lame d'argent sur laquelle on laisse tomber un brouillard de vapeur de soufre ne tarde pas à se recouvrir de sulfure peu conducteur. De même une lame d'argent maintenue dans l'obscurité en présence d'iode se recouvre d'iodure isolant ([2]). Quelquefois la réaction chimique qui engendre la poudre

---

([1]) H. PÉLABON, *L'Onde électrique*, 52, 1926, p. 141.

([2]) L'argent ainsi préparé nous a permis de réaliser une expérience dont les résultats sont assez importants au point de vue théorique. Ayant utilisé le métal ioduré pour détecter pendant une heure dans l'obscurité, nous l'avons traité par la vapeur de mercure comme on le fait pour développer un Daguerre; à l'endroit du mauvais contact nous n'avons observé aucune altération de l'iodure. La détection n'est donc pas accompagnée de la production d'étincelle.

calante laisse le métal intact, on a le moyen par exemple de préparer un oxyde sur une lame de platine en chauffant fortement celle-ci après l'avoir trempée dans une solution étendue d'un nitrate.

Par tous ces procédés et beaucoup d'autres qu'il est facile d'imaginer, la surface du conducteur est seule modifiée et la résistivité de la masse ne change pas.

J'ai constaté qu'il y a en général avantage à accroître la résistance électrique de l'un des conducteurs formant le détecteur. Pour atteindre ce but et en même temps garnir la surface de la poussière isolante nécessaire, un moyen simple consiste à mélanger un isolant en poudre avec un conducteur également en poudre et à mouler l'ensemble en s'aidant s'il le faut d'une presse hydraulique. Dans certains cas particuliers l'isolant sera l'oxyde même du métal qu'il suffit de pulvériser, de laisser s'oxyder un peu et de comprimer ensuite. Il n'est pas nécessaire que l'un des constituants soit un isolant, il suffit que les poudres que l'on mélange aient des résistivités notablement différentes. Dans la préparation des comprimés dont il s'agit, on peut faire varier non seulement la nature des constituants, mais encore le rapport de leurs masses et la pression nécessaire au moulage; le nombre de ces corps est donc illimité.

L'acier appartient à la catégorie des corps en question. Il se compose en effet de particules solides de résistivités différentes : fer, carbone, graphite, cémentite, etc. Sa conductivité est relativement faible; il n'est donc pas étonnant qu'il forme facilement des systèmes détecteurs quand on l'associe à des métaux plus conducteurs. Les billes de roulement en acier chromé sont à recommander tout particulièrement.

Quel que soit le comprimé à surface généralement polie, il est possible de donner au corps moins conducteur un relief léger à l'aide d'un réactif qui dissout le conducteur. C'est ainsi que l'acier poli lavé très légèrement à l'acide chlorhydrique étendu qui dissout un peu le fer, lavé ensuite à l'eau puis séché se comporte mieux pour la détection que le métal non traité par l'acide.

Remarque. — Dans tous les cas on modifie aisément l'intensité du son perçu en faisant passer un courant dans le détecteur et dans un sens convenable. Le mieux est de disposer une pile thermo-électrique dans le circuit et de chauffer l'une ou l'autre des soudures.

La séance est levée à $15^h 10^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 SEPTEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. JOSEPH BOUSSINESQ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur la loi de distribution dans le temps des orages magnétiques.* Note de M. **H. Deslandres**.

La Note actuelle complète plusieurs Notes précédentes, consacrées aux perturbations de l'aiguille aimantée, et en particulier la dernière Note (du 19 juillet 1926), intitulée : *Loi de distribution des orages magnétiques terrestres, et loi de répartition correspondante des régions actives du Soleil* (¹). Les résultats annoncés ont été commentés dans plusieurs revues étrangères (²), et je suis conduit à ajouter quelques détails complémentaires.

I. La loi de distribution dans le temps des orages magnétiques est simple : plusieurs orages, qui sont en général les plus forts, sont séparés par des intervalles qui sont des multiples de R/6, R étant la durée moyenne de rotation synodique des taches ; d'autres orages, en général moins forts, occupent le milieu des intervalles précédents et correspondent aux multiples de R/12 ; enfin on distingue aussi dans les intervalles des deux séries précédentes, et à peu près en leur milieu, des perturbations notablement plus faibles, qui sont ainsi reliées aux multiples de R/24.

Or les beaux travaux récents de Störmer ont mis hors de doute que les aurores boréales et les perturbations magnétiques simultanées sont dues à

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 296, 669, 733, 1031, et **183**, 1926, p. 165.

(²) *The Observatory*, 1926, p. 232 et 627, la dernière Note étant signée de A. Buss, et *Nature London*, **118**, 1926, p. 335, Note de C. Chree, intitulée *The Recurrence of Magnetic Storms*.

un rayonnement corpusculaire émané du Soleil et formé le plus souvent de particules négatives. Les points d'émission corpusculaire qui, dans le Soleil, sont de véritables volcans, sont donc aussi répartis d'une manière régulière ; ils se trouvent sur des méridiens dont les différences en longitude sont des multiples de 60°, 30° et 15°. J'ai admis qu'ils ont leur origine dans trois couches placées sous la surface, qui ont respectivement, à partir de la plus basse, 6, 12 et 24 brisures pour lesquelles leur matière s'échappe au dehors non d'une manière continue, mais par intermittences. Ces brisures, qui se manifestent avec force tous les 11 ans, doivent tenir au refroidissement de l'astre par l'extérieur ou à l'accumulation de chaleur provoquée par les corps radioactifs qui sont à l'intérieur.

Elles sont à rapprocher des brisures également régulières, observées dans la fabrication du verre. Lorsque la masse fondue, contenue dans un cylindre vertical à base circulaire, se solidifie, elle se brise en général suivant les six rayons ou les trois diamètres de l'hexagone régulier. Parfois, elle se brise suivant un seul diamètre; et ce cas spécial doit se présenter aussi dans le Soleil ; car on a des perturbations fortes séparées par un intervalle égal à R/2.

II. Les auteurs qui relèvent les orages notent les heures du commencement et de la fin, parfois difficiles à préciser, le phénomène pouvant débuter et finir par des pointes très faibles. Par contre, d'autres orages, qui sont en général les plus forts, débutent par une pointe élevée, à ascension rapide ; ce sont les orages S de Maunder, particulièrement intéressants. Les lois précédentes ont été vérifiées d'abord sur les orages S de 1926-1925, puis de 1882-1883, représentés par la longitude de leur première pointe (voir les tableaux des deux Notes précédentes). Les autres orages, non S, ont été aussi rattachés à la même loi; je les ai représentés par la longitude de leur pointe la plus élevée, après avoir défalqué la variation diurne de l'aiguille [1]. Mais la durée de l'orage, variable de l'un à l'autre et qui est un élément intéressant, n'a pas été examinée dans cette première étude. D'ailleurs l'intervalle R/24 n'est pas le plus petit entre les perturbations; j'ai noté parfois une pointe isolée flanquée de chaque côté de pointes satellites, à une distance de R/36 ou à une distance plus faible. Parfois aussi, pendant plusieurs heures et plusieurs jours, après les grands orages ou en dehors des

---

(1) On hésite parfois pour décider si un orage est S ou non S, on hésite entre deux longitudes; mais il arrive que la loi, seulement approchée, peut s'accorder avec les deux nombres.

orages proprement dits, les pointes se succèdent petites, égales, nombreuses et très rapprochées, en donnant l'impression d'une agitation continue. L'émission corpusculaire correspondante n'est plus, comme dans les orages S, limitée à un point précis de l'astre; elle s'étend sur les côtés à une distance notable, étant en même temps plus faible. Cette émission spéciale n'est pas considérée dans la présente étude.

Finalement tous les grands orages, S ou non S, sont conformes à la loi; et, fait curieux, les parties d'agitation continue étant écartées, la loi s'applique aussi aux petites perturbations (d'un écart en déclinaison inférieur à 10′ d'arc), qui, étant isolées, se détachent bien sur une courbe calme. Dans les tableaux publiés, ces petites perturbations sont les plus nombreuses.

La vérification de la loi a été déjà présentée pour l'intervalle qui s'étend du 1er septembre 1925 au 14 avril 1926; or la loi s'applique aussi aux perturbations qui ont suivi, et, en particulier aux orages notables du 1er juin et du 1er août, comme le montre le tableau suivant qui prolonge un tableau similaire du 19 juillet 1926.

Dates.		Écart de la déclinaison.	Longitude du centre du Soleil.	Différence avec 328°, 8.	Différence théorique.
25. Déc.	5.89...	10′	328°.8	0.0	0
26. Mai.	20.94...	6	299.6	29.2	30
26. Juin.	1.58...	12	145.5	183.3	180
	6.92...	6	74.9	253.9	255
	8.04...	9	60.0	268.8	270
	23.79...	5	211.4	117.4	120
1926. Juill.	4.04...	6′	75°.9	252.9	255
	27.81...	8	121.4	207.4	210
Août	1.06...	16	65.2	263.6	270
	13.08...	7	266.2	62.4	60
	19.75...	6	178.9	149.9	150

En vue d'études statistiques, l'usage est de représenter chaque jour l'état magnétique par l'un des trois nombres 0 (calme), ou 1 (modérément troublé), ou 2 (fortement troublé) et l'on a ce que l'on a appelé le caractère magnétique du jour. Or Chree, le distingué superintendant de l'Observatoire de Kew, a fait une étude fort intéressante de ces nombres pendant 11 années consécutives et de leurs moyennes. Il choisit pour chaque mois de cette période les 5 jours les plus troublés, et les compare aux 3 jours qui précèdent et aux 35 jours qui suivent. La place manque ici pour exposer la méthode suivie et les longs calculs qui ont été nécessaires. Chree conclut que la période de 27 jours est nettement mise en relief pour la succession des orages, mais qu'il n'y a pas de période plus courte. Aussi, dans un article récent de *Nature*, sans condamner absolument mes résultats, il émet des doutes sur leur validité.

Or l'inconvénient des moyennes est de masquer les inégalités qui apparaissent seulement par intervalles : ce qui est justement le cas. Seule la période R émerge dans les calculs de Chree; ce qui indique qu'elle est la plus fréquente, et rattachée à des orages forts; et ce résultat est certes important. D'autre part, le caractère magnétique, qui est à la base du travail de Chree, représente mal l'état magnétique et a été déjà vivement critiqué; son étude porte sur plusieurs années, et la mienne sur 15 mois; de plus, pour déceler les périodes de R/6 et de R/12, il faudrait prendre 14 jours du mois, et non 5. Que mon contradicteur veuille bien examiner, comme je l'ai fait, chaque perturbation prise isolément, et la comparer aux autres; son opinion sera modifiée. Il suffit de reporter sur un cercle les orages avec leur longitude et la loi apparaît avec netteté.

III. L'étude du magnétisme terrestre permet donc de prévoir la distribution très régulière dans le Soleil des points d'émission corpusculaire; il reste à déterminer la position exacte de ces points dans le Soleil. On a d'abord pensé aux taches, qui, au moment où a lieu l'orage terrestre, se trouvent non dans le méridien central de l'astre, mais à une certaine distance à l'ouest de ce méridien; puis on a invoqué la facule et je me suis rangé moi-même à cette opinion; mais la certitude n'est pas encore acquise.

Le mois dernier, l'astronome anglais A. Buss m'a signalé un Mémoire publié par lui en 1915 dans *The Observatory*, et intitulé : *A possible systematic distribution of solar activity areas in longitude*. Sur 57 taches relevées de 1912 à 1914, dans une phase de minimum, il en note 10 dont les différences en longitude sont voisines de 60° ou de multiples de 60°, et il suggère que le même espacement pourra se retrouver aussi dans les orages magnétiques. L'intérêt du fait annoncé est manifeste; on peut seulement s'étonner que l'auteur n'ait pas poussé plus loin cette première étude. Les 10 taches à intervalles de 60° ne sont pas toutes parmi les plus fortes; il faudra vérifier si les autres taches ont avec les précédentes ou entre elles des différences qui sont des multiples de 30° et de 15°. Il faudra aussi étendre la recherche à une période undécennale à la fois avec les taches et les perturbations magnétiques.

D'après le résultat de Buss, l'émission corpusculaire serait plutôt dans la tache elle-même. De mon côté, j'ai depuis longtemps l'idée que les points d'émission sont liés aux régions du Soleil qui offrent la raie D_3 de l'hélium noire; elles sont difficiles à discerner, fugitives, et d'étendue restreinte dans la facule autour d'une tache et dans la facule sans tache. La proportion du gaz hélium y est plus grande et donc aussi probablement l'émission

radioactive. La recherche de ces régions est organisée à l'Observatoire de Meudon, en accord avec les indications du magnétographe; elle permettra peut-être de décider si le rayonnement corpusculaire du Soleil est dû au refroidissement extérieur, ou à l'échauffement par les matières radioactives intérieures, ou aux deux causes réunies.

IV. Le rayonnement corpusculaire semble pouvoir expliquer facilement la plupart des phénomènes solaires. Lorsque la température croît, il est émis par tous les corps; et, pour une élévation suffisante de la température, l'énergie émise sous cette forme est supérieure à celle du rayonnement ondulatoire. Dans le Soleil, la matière des couches profondes, notablement plus chaudes que la surface, est rejetée au dehors par les brisures admises ci-dessus; en ces points, l'énergie ondulatoire, rayonnée dans toutes les directions, est donc augmentée; mais l'énergie corpusculaire est augmentée beaucoup plus, et elle est rayonnée dans des directions privilégiées, presque normales à la surface. Le rayonnement corpusculaire a donc le rôle principal, et est la cause première des variations undécennales; on peut aussi lui rapporter la formation des facules, des taches avec leurs polarités magnétiques, des protubérances et filaments, et l'on s'accorde déjà pour lui attribuer les formes caractéristiques de la couronne solaire.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie du tome cinquième, fascicule 5, de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous sa direction : *Euphorbiacées*, par F. Gagnepain et L. Beille.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Proceedings of the Pan-Pacific Science Congress, Australia*, 1923.

2° Le fascicule LXX des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par* Albert Ier, prince souverain de Monaco : *Mollusques ptéropodes gymnosomes*, par A. Pruvot-Fol.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces d'aire finie.*
Note [1] de M. **Valère Glivenko**, transmise par M. Hadamard.

M. L. Tonelli a trouvé les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une surface continue, représentée par l'équation $z = f(x, y)$, soit quarrable [2]. Je me propose d'étendre les résultats de M. L. Tonelli aux cas des surfaces continues quelconques. La définition de l'aire d'une surface que j'adopte ici est celle, maintenant classique, de M. H. Lebesgue.

1. Soit S une surface située dans l'espace aux axes de coordonnées cartésiennes x, y, z, et soit $|S|$ l'aire de la surface. Soit, ensuite, C_x la courbe intersection de S avec un plan $x =$ const., et soient respectivement

$$|C_x|, \quad |C_x|_y \quad \text{et} \quad |C_x|_z$$

la longueur de cette courbe et les variations totales des fonctions

$$y = \varphi(t) \qquad \text{et} \qquad z = \psi(t)$$

qui la représentent paramétriquement. Introduisons la notion de *variation aux longueurs* de S le long de l'axe des x :

$$\Lambda_x(S) = \int |C_x| \, dx,$$

et celle de *variation axiale* de S le long du même axe :

$$\Lambda_x(S) = \int |C_y|_z \, dy = \int |C_z|_y \, dz,$$

toutes les intégrales étant prises au sens de M. H. Lebesgue et étendues aux projections de S sur les axes de coordonnées correspondants.

On vérifie les inégalités suivantes :

$$A_x + \Lambda_x \geqq |S| \geqq \Lambda_x,$$
$$A_y + A_z \geqq \Lambda_x \geqq \Lambda_y,$$

d'où l'on tire tout de suite :

(1) $$A_x + A_y + A_z \geqq |S| \geqq A_x,$$
(2) $$\Lambda_x + \Lambda_y \geqq |S| \geqq \Lambda_x.$$

---

[1] Séance du 6 septembre 1926.
[2] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1198.

Les inégalités (1) et (2) fournissent un théorème qui est une généralisation de celui de Jordan, à savoir : *Pour qu'une surface soit quarrable, il faut et il suffit que ses trois variations axiales, ou bien deux de ses variations aux longueurs, existent et soient finies.*

2. On peut se demander s'il est permis d'y remplacer les deux variations aux longueurs le long des axes de coordonnées cartésiennes par celles définies d'une manière analogue pour les coordonnées gaussiennes.

La réponse est négative. Par exemple, la surface

$$x = u, \qquad y = uv, \qquad z = \frac{u^2}{2}\sin\frac{1}{u^2} \qquad (0 \leqq u \leqq 1,\ 0 \leqq v \leqq 1)$$

a l'aire $|S| < 3$, tandis que $|C_v|$ est infinie pour chaque valeur de v, par suite non sommable. On peut affirmer seulement que, si une surface S possède une représentation paramétrique

$$x = f(u, v), \qquad y = g(u, v), \qquad z = h(u, v) \qquad (u_1 \leqq u \leqq u_2,\ v_1 \leqq v \leqq v_2)$$

telle que $|C_u|$ et $|C_v|$ sont sommables, cette surface est nécessairement quarrable, et cela en vertu de l'inégalité suivante :

$$\frac{u_2 - u_1}{\sqrt{\pi}} \int_{v_1}^{v_2} |C_v|\, dv + \frac{v_2 - v_1}{\sqrt{\pi}} \int_{u_1}^{u_2} |C_u|\, du \geqq (u_2 - u_1)(v_2 - v_1)\sqrt{|S|}.$$

3. Au lieu des inégalités (2), on peut écrire

$$\Lambda_x + \Lambda_y \geqq |S| \geqq \frac{1}{2}(\Lambda_x + \Lambda_y).$$

Ces dernières inégalités présentent un intérêt spécial, car elles déterminent des bornes effectives de l'aire d'une surface. En effet, pour les *sphères* on a

$$|S| = \Lambda_x + \Lambda_y,$$

tandis que pour les domaines plans parallèles au plan $z = 0$ on a toujours

$$|S| = \frac{1}{2}(\Lambda_x + \Lambda_y).$$

On vérifie en outre les deux inégalités analogues suivantes :

$$\frac{2}{3}(\Lambda_x + \Lambda_y + \Lambda_z) \geqq |S| \geqq \frac{1}{\sqrt{6}}(\Lambda_x + \Lambda_y + \Lambda_z).$$

Ce sont encore les *sphères* qui satisfont à la condition

$$|S| = \frac{2}{3}(\Lambda_x + \Lambda_y + \Lambda_z),$$

tandis qu'à la condition

$$|S| = \frac{1}{\sqrt{6}}(A_x + A_y + A_z)$$

satisfont tous les domaines plans parallèles aux plans $x \pm y \pm z = 0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation d'un théorème de Schwartz.* Note de M. **Julius Wolff**, transmise par M. Émile Borel.

Dans la présente Note, je préciserai encore la généralisation du théorème de Schwartz donnée aux *Comptes rendus* du 7 avril 1926.

1. Soit $F(z)$ holomorphe à l'intérieur du cercle C ($|z| = 1$), $|F(z)| < 1$, $F(z) \neq z$. On sait que la circonférence C contient un point α et un seul, tel que la transformation $w = F(z)$ contracte les cercles tangents à C en α. Je montrerai maintenant que $\frac{F(z) - \alpha}{z - \alpha}$ et $F'(z)$ *tendent vers une même limite réelle, positive et au plus égale à l'unité, quand z tend vers α dans un angle quelconque formé par deux cordes de C issues du point α.*

2. Considérons une fonction $w = u + vi = f(z) = f(x + yi)$ holomorphe dans le domaine D($x > 0$) et soit $u > 0$. Si z et z' sont deux points différents de D, on sait que

$$\left|\frac{w' - w}{w' + u - vi}\right| \leqq \left|\frac{z' - z}{z' + x - yi}\right|,$$

donc

$$\left|\frac{w' - w}{z' - z}\right| \leqq \left|\frac{w' - w + 2u}{z' - z + 2x}\right|.$$

Si, z restant fixe, z' tend vers z, w' tend vers w et l'on trouve

$$|f'(z)| \leqq \frac{u}{x}.$$

3. Considérons deux points z et z' de même ordonnée, et supposons $x' > x$. Le théorème de Schwartz montre immédiatement que $\frac{u'}{x'} \leqq \frac{u}{x}$. Donc sur chaque droite parallèle à Ox le quotient $\frac{u}{x}$ tend vers une limite finie λ. Je dis que λ est indépendant de la droite choisie. En effet, si d et d' sont deux droites parallèles à Ox, je considère un point fixe z sur d, et sur d' un point z' que je fais tendre vers l'infini. Le cercle passant par z, et par rapport auquel l'image de $z' = x' + iy'$ et le point $-x' + iy'$, a pour

abscisse minima une quantité qui tend vers x. Donc

$$\frac{u}{x} \geqq \lim \frac{u'}{x'}.$$

Puisque x était arbitraire, on a $\lambda_d \geqq \lambda_{d'}$. Par la même raison on a aussi $\lambda_{d'} \geqq \lambda_d$, donc $\lambda_d = \lambda_{d'}$.

4. Par un point arbitraire z_0 intérieur à D menons une demi-droite d faisant avec Ox un angle aigu θ. Soit z un point de d, que nous ferons tendre vers l'infini. Le cercle passant par z_0, et par rapport auquel l'image de $z = x + yi$ est le point $-x + yi$, a pour abscisse minimale une quantité qui tend vers $x_0 \cos^2\theta$; donc

$$u_0 \geqq x_0 \cos^2\theta \limsup_{z \to \infty} \left(\frac{u}{x}\right).$$

Le quotient $\frac{u}{x}$ est par conséquent borné sur d, et puisqu'il décroît, quand x augmente, y restant fixe (§ 3), il est borné dans chaque angle

$$-\theta \leqq \arg(z - z_0) \leqq \theta, \qquad \text{où} \qquad \theta < \frac{\pi}{2}$$

et fixe.

Du paragraphe 2 il résulte que $f'(z)$ est aussi bornée dans un tel angle, donc de même la fonction $\frac{f(z)}{z}$.

5. Considérons la fonction

$$\varphi(z) = \xi + \eta i = f(z) - \lambda z,$$

λ étant la limite de $\frac{u}{x}$ pour x infini, y fixe. Du paragraphe 3 il résulte que $u - \lambda x = \xi \geqq 0$ et que, si en *un* point $u - \lambda x = 0$, cette égalité subsiste dans tout le demi-plan $\mathfrak{D}$. Dans ce cas $v = \lambda y +$ const. et nous avons le cas trivial $f(z) = \lambda z +$ const.

Supposons donc $\xi > 0$ dans $\mathfrak{D}$. La fonction $\varphi(z)$ satisfait aux conditions du paragraphe 2. En outre $\frac{\xi}{x} \to 0$, quand $x \to \infty$, y fixe. L'équation $\varphi(z) = z$ peut avoir une racine α dans D. Sinon, il résulte du paragraphe 1 que la frontière $x = 0$ de $\mathfrak{D}$ possède un point α tel que le point α du paragraphe 1. Ce point n'est pas à l'infini, car alors on aurait $\xi \geqq x$ (voir *loc. cit.*), en contradiction $\frac{\xi}{x}$ avec $\to 0$. Par α menons une droite $d \parallel Ox$, qui coupe Oy en β, qui peut coïncider avec α. Soit z sur d à droite de α, alors $\varphi(z)$ est dans tous

les cas intérieur au cercle de diamètre βz, ou sur la circonférence; donc

$$|\varphi(z)-\beta|^2 \leqq x\xi,$$

$$\left|\frac{\varphi(z)-\beta}{z-\beta}\right| \leqq \sqrt{\frac{\xi}{x}} \to 0 \quad \text{pour } z\to\infty \text{ sur } d.$$

Puisque $\frac{\varphi(z)-\beta}{z-\beta}$ est bornée dans chaque angle $-\theta \leqq \arg.(z-z_0) \leqq \theta$ (§ 4), elle tend uniformément vers zéro dans un tel angle. La fonction $\varphi'(z)$, bornée dans ces angles (§ 4), tend vers zéro sur d pour $x\to\infty$, puisque $|\varphi'(z)| \leqq \frac{\xi}{x}$ (§ 2); donc elle tend aussi uniformément vers zéro dans ces angles.

6. Transformons maintenant la fonction $F(z)$ du paragraphe 1 en une fonction $f(z)$ du paragraphe 2, au moyen d'une fonction linéaire, telle que α corresponde au point à l'infini de $\mathfrak{D}$. Alors $u \geqq x$, donc $\lambda \geqq 1$. On a (§ 5)

$$\frac{\varphi(z)-\beta}{z-\beta} \quad \text{et} \quad \varphi'(z)\to 0;$$

donc

$$\frac{f(z)}{z} \quad \text{et} \quad f'(z)\to\lambda$$

dans les angles considérés.

Il en résulte, pour la fonction $F(z)$ dans C, que

$$\frac{F(z)-\alpha}{z-\alpha} \quad \text{et} \quad \frac{(z-\alpha)^2}{|F(z)-\alpha|^2}F'(z)\to\lambda;$$

donc

$$\frac{F(z)-\alpha}{z-\alpha} \quad \text{et} \quad F'(z)\to\frac{1}{\lambda}>1 \quad \text{et} \quad >0,$$

quand $z\to\alpha$, uniformément dans tout angle formé par deux cordes issues de α.

BALISTIQUE. — *Sur les principes de la balistique intérieure.* Note de MM. **Gossot** et **Liouville**, présentée par M. Paul Vieille.

Les équations, dites réduites, de la balistique intérieure peuvent être mises sous la forme

$$(1)\qquad \begin{cases} \frac{1}{2}\xi\frac{d\varpi}{d\xi} = F_1(Y) - \Gamma\varpi, \\ \varpi^{\frac{1}{2}}\frac{dY}{d\xi} = \left(\frac{1}{2}\frac{d\varpi}{d\xi}\right)^N, \end{cases}$$

Γ, N étant des nombres connus, Y, ϖ, ξ des variables définies en particulier dans notre *Balistique intérieure* (Baillière, 1922), $F_1(Y)$ une fonction de la seule quantité Y, du troisième degré au plus, et toujours croissante avec Y.

Pour calculer la position du maximum de pression, la question s'est posée d'intégrer numériquement le système (1), quels que soient N et Γ, dans toute la région où $\frac{d\varpi}{d\xi}$ croît avec ξ : c'est ce problème dont nous voudrions indiquer la solution.

En posant $\varpi = \rho^2$, les relations (1) se réduisent à une équation unique,

$$(2)\qquad [F_1(Y) - \Gamma\rho^2]\frac{d^2Y}{d\rho^2} + (1-N)\left[F_1'(Y)\left(\frac{dY}{d\rho}\right)^2 - (1+2\Gamma)\frac{dY}{d\rho}\right] = 0,$$

dont tout le reste dépend.

Les conditions initiales sont, pour $\rho = 0$, $Y = Y_0$, $\frac{dY}{d\rho} = a$, Y_0 et a étant donnés par la nature même de la question.

Un système d'inégalités successives, dont les deux premières sont

$$(3)\qquad \begin{cases} \frac{dY}{d\rho}\left[F_1(Y) - \frac{1+2\Gamma}{2}\rho^2\right] \geqq aF_1(Y_0), \\ Y \leqq Y_0 + a\rho, \end{cases}$$

permet d'obtenir, pour toutes les valeurs utiles de ρ, une limite inférieure et une limite supérieure de chacune des inconnues; les opérations à exécuter sont des quadratures pour lesquelles nous avons, dans un autre travail (*Journal de l'École Polytechnique*, cahier n° 23, 1923), indiqué des procédés commodes.

Lorsqu'on applique la méthode à un exemple (poudre BM_{13}, à la charge

de $9^{kg},7$ dans un canon de 10^{cm} mod. 1902), on est surpris de voir avec quelle précision les inconnues sont déterminées. Dès la troisième approximation, les valeurs par excès et par défaut sont presque coïncidentes; les différences pour $N = \frac{2}{3}$, $\Gamma = \frac{1}{10}$ ne commencent à paraître que près du maximum de pression et n'atteignent pas 10^{kg} sur 2600 environ. La sûreté des nombres obtenus est d'ailleurs incontestable, la méthode faisant d'elle-même connaître les erreurs à craindre.

Les équations « complètes », un peu moins simples que (1), se traitent d'une manière semblable et par des calculs à peine plus longs.

Ayant adopté la valeur de N mentionnée plus haut (valeur expérimentale), et l'expression de $F_1(Y)$, d'après la forme de la poudre, on est conduit à la pression expérimentale, presque exacte. Au contraire, le maximum de pression se produit beaucoup plus près de la position initiale du projectile que ne le veut l'expérience. Cette discordance, dont l'importance ne varie guère, subsiste pour toutes les valeurs attribuées à N. Elle se complique, avec $N = 1$ comme hypothèse, d'une divergence inadmissible des pressions maximum.

Certaines données, Γ, $F_1(Y)$, par exemple, ne sont pas très certaines : leurs erreurs semblent influer peu sur les résultats tant qu'on ne s'écarte pas des variations vraisemblables. Aux expériences, d'ailleurs médiocres, que l'on possède, on ne peut pourtant imputer des erreurs atteignant 50 pour 100; c'est ce qu'exigerait, dans certains cas, l'accord avec le calcul, en ce qui touche la position du maximum. On doit donc soupçonner une insuffisance des équations classiques (1).

Comme correction, il est naturel de tenir compte des déplacements de la poudre pendant qu'elle brûle; le plus simple est alors de supposer qu'à tout instant les brins sont répartis dans la chambre d'une façon régulière.

Les mouvements des gaz et du projectile sont définis, dans ces conditions, par une équation aux dérivées partielles. Celle-ci, pour N quelconque, est du troisième ordre, correspondant à deux vitesses de propagation égales et de signes contraires et une vitesse de propagation nulle. Quand $N = 1$, les deux premières demeurent seules, parce qu'une intégration s'est faite.

Il ne paraît pas impossible d'appliquer aux ondes successives (physico-mécaniques) des méthodes analogues à celles qui ont résolu le système (1) et fournissant, comme elles, pour les inconnues, des valeurs par excès et par défaut; ces recherches pourront faire l'objet d'un autre travail.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la réduction des combinaisons chromiques par l'hydrogène sous pression et aux températures élevées.* Note (1) de MM. V. N. Ipatief et B. A. Mouromtsef, transmise par M. Camille Matignon.

Le but initial de ce travail était d'obtenir un hydrate cristallin de l'oxyde de chrome; pour cela nous avons effectué une série d'expériences de réduction de divers composés chromiques par l'hydrogène sous pression et à hautes températures dans l'appareil d'Ipatief.

Les expériences ont porté sur K^2CrO^4, CrO^3, $Cr^2(SO^4)^3$, $CrCl^3$, en solutions ordinairement binormales avec milieu neutre, acide ou alcalin. Certaines expériences, dans des conditions connues, ont donné de l'*hydrate d'oxyde de chrome cristallisé* Cr^2O^3, H^2O. Par réduction des solutions de K^2CrO^4, CrO^3 et $Cr^2(SO^4)^3$ en présence de SO^4H^2 libre, on a obtenu des combinaisons chromiques complexes très bien cristallisées, qui seront décrites plus loin.

La solution de la combinaison correspondante, 25^{cm^3} comme quantité, était versée dans un tube d'or, qui à son tour était placé dans la bombe pour haute pression munie d'un manomètre. Le tube était rempli d'hydrogène à $80\text{-}100^{atm}$ et disposé dans un four thermostatique électrique; les expériences étaient faites à une température de 280-300° et la pression de l'hydrogène s'élevait jusqu'à 200^{atm}. La durée d'une expérience était de 24 à 36 heures. Il est important d'élever lentement la température du four, car alors les cristaux se développent bien; quand le tube est porté brusquement dans le four chauffé, le produit de la réaction est en petits cristaux. Malheureusement, ce produit ne s'obtient jamais homogène et, avant de procéder à l'analyse, il convient de le séparer par divers moyens de ses mélanges, ce à quoi on réussit dans une certaine mesure, bien que nous n'ayons pas obtenu une purification complète, par suite du manque de dispositifs microscopiques.

Dans la réduction de la solution de K^2CrO^4 en présence de SO^4H^2 libre (25^{cm^3} de la solution du sel et 4^{cm^3} de SO^4H^2 conc.), on obtient un dépôt violet gris formé de petits cristaux pointus lancéolés. Cette matière n'est soluble ni dans les acides, ni dans les alcalis; elle se décompose seulement lorsqu'on la fond avec du carbonate de sodium et du nitre. L'analyse a donné les résultats suivants :

(1) Séance du 9 août 1926.

Cr^2O^3	43,87	pour 100
SO^3	35,17	»
K^2O	13,39	»

Sur la base de ces données on peut admettre la formule

$$K^2O.2Cr^2O^3.3SO^3.H^2O.$$

On obtient ce corps vers 300° et sous une pression de 80^{atm} par la réduction de la solution de CrO^3 en présence de

$$SO^4H^2 \text{ libre } \left(25^{cm^3} \text{ de } \frac{2}{1} N\,CrO^3,\ 2^{cm^3} \text{ de } H^2SO^4\right);$$

on a réussi à obtenir un sel complexe de chrome en cristaux très bien formés, de teinte vert sombre, à facettes brillantes, de forme cubique, fréquemment maclés ou unis deux à deux. Les acides et les alcalis ne l'altèrent pas; il se décompose par fusion avec un mélange de carbonate de sodium et de nitre. L'analyse indique les constituants suivants :

Cr^2O^3	47,64	pour 100
SO^3	36,24	»
H^2O	15,40	»

ce qui se rapproche assez de la formule

$$2Cr^2O^3.3SO^3.6H^2O.$$

Cette substance a été obtenue vers 280° et sous une pression de 150 à 200^{atm}; une petite quantité d'oxyde de chrome lui est toujours mélangée.

Dans le but d'obtenir des combinaisons complexes isomorphes du chrome et du fer, nous avons effectué une série d'expériences de réduction de solutions contenant un mélange de CrO^3 avec $FeSO^4$ et $Fe^2(SO^4)^3$ en présence de SO^4H^2 libre. Par réduction du mélange d'acide chromique et de sulfate ferrique, on obtient un dépôt cristallin composé de cubes vert foncé, individuels ou maclés, très bien formés.

Les acides ne l'attaquent pas; il est décomposé seulement par fusion avec du carbonate de sodium et du nitre. Les analyses des deux échantillons les plus homogènes que l'on ait obtenus ont donné les résultats suivants :

	Pour 100.	
	I.	II.
Fe^2O^3	5,81	11,32
Cr^2O^3	47,14	48,41
SO^3	31,67	35,01
H^2O	14,27	4,35

Ainsi, il semble que nous avons obtenu des combinaisons complexes isomorphes contenant du fer et du chrome.

Quand on a réduit un mélange d'acide chromique et de sulfate ferreux, on a obtenu dans le dépôt des cristaux cubiques violets, à face mate, individuels ou réunis sous forme de trémies; leur composition est analogue à celle des précédents.

Fréquemment on trouve mélangés, aux substances ci-dessus décrites, des cristaux en forme de bipyramides avec un fort éclat métallique. Dans un cas on a pu les obtenir séparément, et leur étude qualitative a montré qu'ils sont formés de sulfure de fer (pyrite) avec une quantité insignifiante de chrome (vraisemblablement aussi un mélange isomorphe). Par ébullition avec l'acide chlorhydrique, ils se dissolvent lentement avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *L'oxydation rapide des huiles siccatives et les antioxygènes.* Note (1) de M. F. **Taradoire**, transmise par M. Charles Moureu.

Les essais précédemment exposés (2), entrepris dans le but de rechercher des corps doués de propriétés antioxygènes assez actives pour empêcher l'oxydation rapide des huiles siccatives, ont été poursuivis en utilisant de nouveaux produits organiques.

Comme précédemment, ces produits ont été incorporés au coton imprégné d'un mélange d'huile siccative, d'essence de térébenthine et de siccatif, à raison de 1^g pour 100^g de coton imbibé.

On a soumis ces essais à l'action de l'air, dans les mêmes conditions que d'autres essais identiques, mais ne renfermant pas d'antioxygène, et ce procédé nous a permis de connaître l'action excercée par la présence de l'antioxygène employé.

Parmi les phénols, le crésol et le thymol ont seulement retardé l'inflammation de quelques heures, sans parvenir à l'empêcher.

L'action antioxygène particulièrement active des amines aromatiques sur les huiles siccatives, qui avait été nettement mise en évidence par les essais précédents (2) et que MM. Moureu et Dufraisse ont généralisé en étudiant divers composés autoxydables (3), nous a conduit à essayer

(1) Séance du 6 septembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 61.

(3) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 949.

l'emploi d'autres dérivés aminés. L'α- et la β-naphtylamine, ainsi que la benzidine, n'ont pas réussi à empêcher l'inflammation du coton imbibé, mais seulement à la retarder de quelques heures.

Les dérivés nitrosés de la diphénylamine : paranitrosodiphénylamine et diphénylnitrosamine, ont, par contre, empêché toute inflammation spontanée, comme dans le cas de la diphénylamine seule, et tandis que les groupements nitrés introduits dans les molécules diminuent leur action antioxygène ([1]), les groupements nitrosés n'altèrent pas sensiblement cette propriété.

L'emploi du cyclohexanol n'a produit qu'un léger retard à l'inflammation, et ce retard a été nul en utilisant le furfurol.

Avec la pyridine et la quinoléine, on a pu constater un retard de quelques heures à l'inflammation.

En résumé, à part les dérivés nitrosés de diphénylamine, aucun des autres produits organiques essayés ne s'est montré assez actif pour empêcher les inflammations spontanées provoquées par l'oxydation des huiles siccatives.

Cependant, le fait que la plupart de ces composés organiques ont provoqué un retard à l'inflammation, souvent très sensible, montre qu'ils sont doués de propriétés antioxygènes, mais que celles-ci sont insuffisantes pour combattre l'action énergique des siccatifs ajoutés aux huiles utilisées.

PHARMACOLOGIE. — *Sur le prétendu sympathicotropisme de l'Uzara.* Note ([2]) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. A. Desgrez.

La racine d'Uzara, qu'on sait être une Asclépiadacée africaine du genre *Gomphocarpus*, est regardée aujourd'hui par les thérapeutes ([3]) comme un des plus puissants antidiarrhéiques connus. Étudiée chimiquement par Hennig ([4]) qui a découvert que son principe actif est un glycoside cristallisé, l'uzarine, elle a été l'objet des recherches pharmacodynamiques de Hirz ([5]) qui la considère comme une drogue sympathicotrope dont l'action serait analogue à celle de l'adrénaline.

Quoique généralement admise, l'opinion de Hirz a été cependant contestée. Ayant constaté que, chez l'animal nicotinisé, l'hypertension produite

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 61.
([2]) Séance du 30 août 1926.
([3]) Gurber, *Therapeutische Halbmonatshefte*, 34, 1920, p. 465-470 et 496-508.
([4]) Hennig, *Archiv der Pharmazie*, 255, 1917, p. 382 et suiv.
([5]) Hirz, *Münchener medizin. Wochenschrift*, 1913, ii, p. 2220 et suiv.

par l'uzara est diminuée ou même supprimée, Tigerstedt et Airila (¹) en ont déduit que, contrairement à l'adrénaline qui excite exclusivement les terminaisons nerveuses périphériques, l'uzara agit bien plus sur les centres et les ganglions que sur les terminaisons nerveuses périphériques et la musculature vasculaire. D'autre part Pick et Wasicky (²) ont prétendu que, comme la papavérine, l'uzarine paralyserait la musculature lisse.

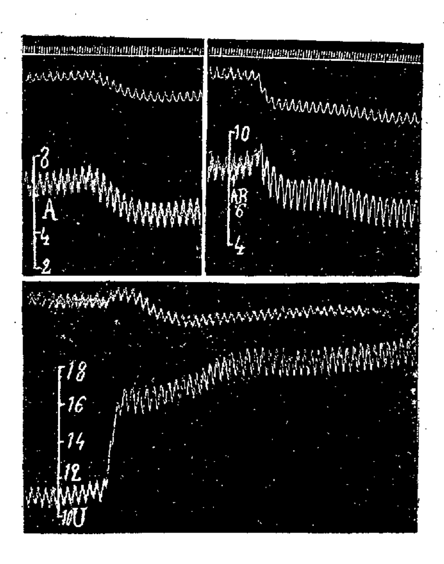


Fig. 1. — Chienne de 9^kg chloralosanée ayant ses vagues coupés, soumise à la respiration artificielle, et ayant reçu 81^mg de chlorhydrate de yohimbine de Gustrow en deux injections intraveineuses successives. — Temps en secondes. — Dans chacune des trois figures le tracé supérieur correspond à l'enregistrement plétysmographique du rein par l'oncographe de Roy, le tracé inférieur à l'enregistrement de la pression carotidienne par le manomètre à mercure. — En A, injection de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline. En AB, injection de 1^mg d'adrénaline. En U, injection de 5^mg d'uzarine en solution à 1 pour 1000 dans le sérum physiologique. — Tracés réduits de moitié.

Les objections de Tigerstedt et Airila ainsi que celles de Pick et Wasicky ne nous paraissent pas décisives. En effet Cathcart et Clark (³) ont montré que la nicotine diminue l'action du chlorure de baryum que l'on considère cependant comme l'excitant type de la musculature lisse. D'autre part, nous avons pu nous assurer que, contrairement à la papavérine, l'uzarine ne diminue nullement l'hypertension produite par l'adrénaline.

(¹) TIGERSTEDT et AIRILA, *Skandinav. Archiv d. Physiologie*, **33**, 1916, p. 37 et suiv.

(²) PICK et WASICKY, *Archiv f. experiment. Pathologie und Pharmakologie*, **80**, 1916, p. 159-160.

(³) CATHCART et CLARK, *The Journal of Physiology*, **50**, 1915, p. 119-127.

Pour fixer le point d'attaque vasculaire de l'uzarine nous avons utilisé la propriété que possèdent la yohimbine et les alcaloïdes actifs de l'ergot de paralyser électivement les terminaisons du sympathique moteur sur lesquelles agit l'adrénaline, sans atteindre les terminaisons du sympathique inhibiteur sur lesquelles s'exerce aussi l'action de l'adrénaline. On sait

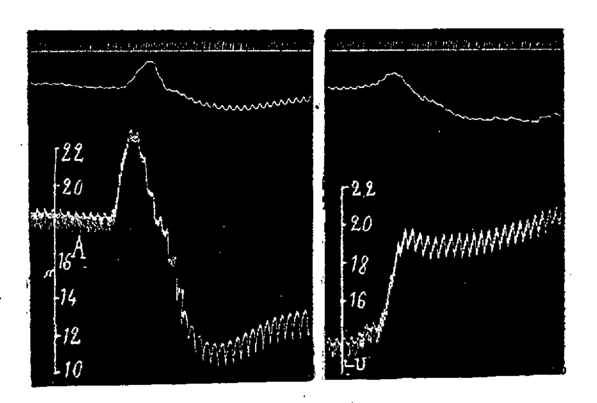


Fig. 2. — Chienne de 7^{kg} chloralosanée ayant ses vagues coupés, soumise à la respiration artificielle et ayant reçu 98^{mg} de méthanesulfonate d'ergotamine en trois injections intraveineuses successives. Dans la figure de droite comme dans celle de gauche, la ligne du haut correspond au temps en secondes, le tracé supérieur à l'enregistrement plétysmographique du rein par l'oncographe de Roy, le tracé inférieur à l'enregistrement de la pression carotidienne par le manomètre à mercure. — En A, injection de 1^{mg} d'adrénaline. En U, injection de 10^{mg} d'uzarine en solution à 1 pour 1000 dans le sérum physiologique. — Tracés réduits de moitié.

en effet que chez l'animal soumis à l'action de ces substances, l'adrénaline, normalement hypertensive et vasoconstrictrice rénale, devient hypotensive et sans action sur le rein dont le volume suit alors passivement les modifications de la pression artérielle.

Les tracés qui accompagnent cette Note montrent que quand, dans la saphène d'un chien chloralosané, chez lequel, par suite d'injections préalables de yohimbine (*fig.* 1) ou d'ergotamine (*fig.* 2), l'adrénaline même à la dose de 1^{mg} est devenue hypertensive et a cessé d'exercer sur le rein son action vasoconstrictive habituelle, on injecte une dose moyenne d'uzarine, on obtient une vasoconstriction rénale manifeste et une forte et durable hypertension. On a ainsi la preuve décisive que l'uzarine n'agit point en excitant les terminaisons périphériques du sympathique moteur et ne peut donc en aucune façon être comparée à l'adrénaline.

BIOLOGIE. — *Sur le développement des œufs d'Oursin* (Strongylocentrotus lividus) *sous l'action des extraits de pollen de Quercus et de Calla*. Note [1] de MM. **Methodi Popoff**, **Minco Dobreff** et **George Paspaleff**, transmise par M. Henneguy.

Dans une série de travaux M. Popoff a montré que les agents de la parthénogenèse artificielle sont des stimulants cellulaires généraux et que la parthénogenèse artificielle n'est qu'un cas particulier d'un phénomène plus général : le phénomène de la stimulation cellulaire.

Guidés par ces considérations, nous avons effectué à la station zoologique de Naples des recherches expérimentales qui nous ont montré que les stimulants étudiés par M. Popoff provoquent effectivement le développement des œufs mûrs du *Strongylocentrotus lividus* jusqu'à la phase embryonnaire Pluteus. Les stimulants du tableau suivant se sont montrés surtout comme des agents très efficaces de la parthénogenèse artificielle : KBr, $KBrO^3$, KI, KIO^3, I et alcool, iode et glycérine, KNO^3, $NaBr$, $NaBrO^3$, NaI, $NaIO^3$, $NaNO^3$, $NaNO^2$, Na^2SO^4, Na^2S, Na^2SO^3, Na^2SO^4 et Na^2SO^3, $MgBr^2$, KNO^2 et $MgBr^2$, KNO^3 et $MgCl^2$, $MgBr^2$ et $MgSO^4$, $MgBr^2$ et NaI et KNO^3, $MgCl^2$ et $MgBr^2$ et NaI et KNO^3, $K^2Cr^2O^7$, $Fe^2(SO^4)^3$, KH^2PO^4, $NaFe$, $NaHSO^3$, $KMnO^4$, $CaFe^2$, CrO^3, $FeSO^4(NH^4)^2SO^4$ et 6Aq., $Zn(C^2H^3O^2)^2$ (et $2H^2O$), éther, alcool éthylique, acide lactique, acide formique, acide malique, acide tartrique, acide gallique, acide tannique, strychnine, résorcine, quinone, quinaldine, quinoline, adrénaline, insuline, etc.

On sait par les travaux de M. Popoff que les stimulants cellulaires présentent un optimum par rapport à la concentration et à la durée de leur action sur la cellule et que de la détermination soigneuse de cet optimum dépend en grande partie la réussite des recherches expérimentales.

Les stimulants énumérés ci-dessus étant d'une nature chimique si différente, nous nous sommes proposé de rechercher si les extraits des cellules mâles des différentes espèces organiques n'agissent pas sur l'œuf de l'Oursin comme les stimulants chimiques ci-dessus.

Dans ce but nous avons préparé des extraits de pollen de Chêne (*Quercus ilex*) et d'une Aroïdée (*Calla æthiopica*) de la manière suivante :

a. 3g de pollen de *Calla* ont été broyés pendant une heure dans un mortier de porcelaine, puis on en a fait l'extrait dans 45cm³ d'eau distillée. L'extrait a été évaporé à

[1] Séance du 6 septembre 1926.

une température de 45° C. Le résidu solide a été divisé en trois parties égales et chaque partie a été diluée respectivement dans 3, 4 et 5^{cm^3} d'eau de mer, filtrée à travers un filtre Berkefeld. Le second extrait (1^g de pollen par 4^{cm^3} d'eau de mer), après 15 minutes d'action, a provoqué le développement des œufs des *Strongylocentrotus lividus* jusqu'à la formation de blastulas vivantes nageant dans l'eau, en exécutant des mouvements énergiques de translation et de rotation.

b. De la même manière exactement nous avons préparé un extrait des grains de pollen de *Quercus ilex* dans 2^{cm^3},5 d'eau de mer. Après 90 minutes d'action, les œufs de *Strongylocentrotus* ont commencé de se diviser; une grande partie est arrivée au stade de morula et même un œuf s'est développé jusqu'au stade de blastula, nageant sapidement dans l'eau.

Ces expériences montrent qu'il faut distinguer deux phases dans la fécondation normale : la phase de stimulation cellulaire, qui est d'une action générale sans être nécessairement spécifique et qui détermine la segmentation et le développement ultérieur de l'œuf, et une seconde phase qui est strictement spécifique, intimement liée à la question de l'hérédité.

Pour chaque espèce d'œuf il y a une substance provenant des cellules mâles ayant une action spécifique; mais nous avons la possibilité de pouvoir adapter à n'importe quelle espèce d'œufs les diverses substances stimulantes d'origine mâle, en réglant, après des recherches minutieuses, leur concentration et en variant le temps de leur action suivant les conditions physiologiques spécifiques à chaque espèce d'œufs, les conditions physiologiques exigeant une quantité strictement déterminée d'une substance stimulante quelconque pour que cette dernière puisse provoquer le développement de l'œuf.

Nos expériences font ressortir, à travers la diversité des phénomènes du développement des œufs, un fait fondamental, le fait de la stimulation cellulaire en général et duquel les phénomènes du développement des œufs ne sont qu'un cas spécial.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 SEPTEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, quatre fascicules émanant du Bureau hydrographique international :

1° *Tables pour le calcul des marées par les* Constantes harmoniques (en français et en anglais). Supplément à la Publication Spéciale N° 12.

2° *Les machines à prédire les marées.* Publication Spéciale N° 13.

3° *Le sondage par le son.* IV. Publication Spéciale N° 14. (Un second exemplaire en anglais.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une classe remarquable de surfaces réglées.* Note de M. **Th. Got.**

Je me propose de faire connaître quelques propriétés des surfaces réglées formées par les axes de viration des trièdres de Frenet des courbes gauches.

Définissons la courbe gauche C par la donnée de sa courbure k et de sa torsion τ en fonction de l'arc s, la surface réglée Σ_1 par la donnée de la courbure k_1, de la torsion τ_1 de la ligne de striction C_1 en fonction de son arc s_1 et celle de l'angle $i_1(s_1)$ de la génératrice avec la tangente à la ligne de striction. Désignons par r le rayon de l'hélice circulaire osculatrice à la courbe C, par h son pas réduit et par φ son inclinaison sur l'axe; soient enfin p le paramètre de distribution et θ l'angle du plan central avec le plan osculateur à la ligne de striction. On a entre ces éléments les relations

suivantes :

$$r=\frac{k}{k^3+\tau^2},\qquad h=\frac{\tau}{k^2+\tau^2},\qquad \operatorname{tang}\varphi=\frac{k}{\tau}=\frac{r}{h},\qquad p\,d\varphi=dr,$$

$$ds_1\cos i_1=ds\cos\varphi,\qquad ds_1\sin i_1=dr,\qquad k_1\cos\theta\,ds_1+di_1=0,$$

$$k_1\operatorname{tang}i_1\sin\theta+\frac{d\theta}{ds_1}+\tau_1=\frac{1}{h},$$

$$k_1\cot i\sin\theta-\frac{d\theta}{ds_1}-\tau_1=\frac{1}{p}.$$

Pour qu'une surface réglée Σ_1 soit la surface de viration du trièdre d'une certaine courbe, il faut donc et il suffit que l'angle i_1 soit défini par

$$\sin i_1=\frac{dr}{ds_1},$$

r vérifiant la relation

$$p\,d\left(\frac{r}{h}\right)=\left(1+\frac{r^2}{h^2}\right)dr, \tag{1}$$

où p et h ont les valeurs ci-dessus.

Si l'on se donne k_1 et τ_1, c'est-à-dire la ligne de striction de Σ_1, l'équation (1), compte tenu des relations antérieures, est *une équation différentielle du quatrième ordre en r, qui définit à la fois la surface Σ_1 et la courbe C : à une surface Σ_1 correspond une courbe C et une seule;* pour cette raison, j'appelle Σ_1 *surface caractéristique* de la courbe C.

L'intégration de l'équation (1) n'est pas nécessaire pour trouver des relations géométriques entre de nombreuses surfaces Σ_1 et les courbes C correspondantes; car à toute fonction arbitraire donnée $r=r(s_1)$, l'équation (1) fait correspondre une relation différentielle entre la courbure et la torsion de la ligne de striction, et également une relation correspondante entre la courbure et la torsion de la courbe C. Le cas le plus simple, celui de r constant, correspond à un cas de dégénérescence où la surface Σ_1 est développable : le plan osculateur à l'arête de rebroussement C_1 est alors parallèle au plan rectifiant de C, de sorte que la normale principale à la courbe C est en même temps la binormale de C_1 ; ces courbes (signalées par Mannheim, puis, plus tard, par Fontené et par MM. Bricard et Goormaghtigh) sont donc celles *dont l'hélice circulaire osculatrice a un rayon constant.*

Au lieu de se donner la ligne de striction de Σ_1, on peut se donner l'élément linéaire de cette surface, pris sous la forme

$$d\sigma_1^2=dl^2+2f(s_1)\,dl\,ds_1+[1+l^2g^2(s_1)]\,ds_1^2,$$

l étant la longueur comptée sur la génératrice à partir de la ligne de striction.

En exprimant que Σ_1 est une surface caractéristique, on obtient les valeurs de k_1 et τ_1 en fonction de f, f', f'', g et *aussi des deux intégrales* $\int\sqrt{1-f^2}\,ds_1$ *et* $\int g\,ds_1$, d'où ce théorème :

Toute surface réglée est applicable sur une double infinité de surfaces caractéristiques Σ_1 avec correspondance des lignes de striction ; les courbes C associées à ces surfaces Σ_1 se déduisent les unes des autres par adddition de constantes au rayon et à l'angle d'inclinaison de l'hélice circulaire osculatrice.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Courbure normale et torsion géodésique.* Note [1] de M. **A. Myller**, transmise par M. Paul Appell.

L'angle ω que la tangente à une courbe tracée sur une surface fait avec la tangente conjuguée peut s'exprimer par la formule [2]

$$(1)\qquad \operatorname{tang}\omega = -\frac{\sqrt{EG-F^2}(D\,du^2+2D'\,du\,dv+D''\,dv^2)}{\begin{vmatrix} E\,du+F\,dv & F\,du+G\,dv \\ D\,du+D'\,dv & D'\,du+D''\,dv \end{vmatrix}} = -\frac{\varphi}{\Theta}.$$

Il suffit pour le démontrer d'éliminer le rapport $\partial u : \partial v$ entre les deux équations qui expriment que les directions $du : dv$ et $\partial u : \partial v$ font entre elles l'angle ω et qu'elles sont conjuguées

$$\frac{E\,du\,\partial u + F(du\,\partial v + dv\,\partial u) + G\,dv\,\partial v}{\sqrt{E\,du^2+2F\,du\,dv+G\,dv^2}\sqrt{E\,\partial u^2+2F\,\partial u\,\partial v+G\,\partial v^2}} = \cos\omega,$$

$$D\,du\,\partial u + D'(du\,\partial v + dv\,\partial u) + D''\,dv\,\partial v = 0.$$

En tenant compte des formules bien connues de la courbure normale et de la torsion géodésique

$$\frac{1}{R} = -\frac{\varphi}{f},\qquad \frac{1}{T_g} = -\frac{\Theta}{f},$$

nous tirons de la formule (1) la relation

$$\frac{T_g}{R} = -\operatorname{tang}\omega.$$

---

(1) Séance du 13 septembre 1926.

(2) Nous employons les notations et les conventions de signe de Bianchi (*Geometria Differenziale*) ; f, φ, Θ sont les deux formes fondamentales et le covariant simultané de Jacobi.

Cette formule extrêmement simple se range parmi les formules connues d'Ossian Bonnet et de Bertrand relatives à la torsion géodésique. Elle nous conduit à adapter une propriété fondamentale de l'hélice à certaines courbes situées sur la surface.

Si nous supposons ω constant, l'expression (1) représente l'équation différentielle des courbes tracées sur la surface pour lesquelles le rapport de la courbure normale à la torsion géodésique est constant. Nous nommerons ces courbes *hélices géodésiques*. Par chaque point de la surface passent deux hélices géodésiques d'angle ω.

Observons que si une hélice géodésique est en même temps ligne géodésique, elle est alors une hélice cylindrique.

Prenons les lignes de courbure comme paramétriques et nommons θ l'angle que la courbe fait avec la ligne $v = const.$ Nous avons alors

$$F = 0, \qquad D' = 0, \qquad D = -\frac{E}{r_2}, \qquad D'' = -\frac{G}{r_1},$$
$$\sqrt{E}\,du = \cos\theta\,ds, \qquad \sqrt{G}\,dv = \sin\theta\,ds,$$

et la formule (1) devient

$$\left(1 - \frac{r_1}{r_2}\right)\operatorname{tang}\theta\operatorname{tang}\omega + \operatorname{tang}^2\theta + \frac{r_1}{r_2} = 0.$$

Il en résulte que les hélices géodésiques sont aussi loxodromes (c'est-à-dire coupent les lignes de courbure sous un même angle θ) au cas que la surface est telle que

$$\frac{r_1}{r_2} = -\operatorname{tang}\theta\operatorname{tang}(\theta + \omega) = \text{const.}$$

En particulier, sur les surfaces minima, les deux hélices géodésiques qui passent par un point sont orthogonales.

DYNAMIQUE. — *Sur la signification des équations canoniques de la dynamique*. Note (1) de M. **George-D. Birkhoff.**

Si les fonctions X_i ($i = 1, \ldots, n$) des n variables $x_1, \ldots, x_n$ sont réelles et analytiques, et si t désigne le temps, le système différentiel

$$(1) \qquad \frac{dx_i}{dt} = X_i \qquad (i = 1, \ldots, n)$$

(1) Séance du 30 août 1926.

définit le mouvement permanent d'un fluide dans l'espace des variables x_i. Il est évident que tout mouvement de cette espèce, dans le voisinage d'un point quelconque où la vitesse n'est pas nulle, est équivalent à tout autre mouvement, moyennant une transformation ponctuelle convenable.

La situation est tout à fait différente, ou dans le voisinage d'un point où toutes les X_i sont nulles (cas d'équilibre) ou dans le voisinage d'une trajectoire fermée (cas de périodicité). Ici nous ne considérons que le premier cas qui est plus simple.

On peut définir le cas stable d'équilibre de la manière suivante : Supposons que le point d'équilibre se trouve à l'origine O, et considérons un mouvement quelconque qui, à un instant donné, se trouve à P_0 près de O. Dans le cas stable il existe, pour tout entier positif n, un autre entier m tel que les coordonnées x_i sont exprimables par des sommes trigonométriques à m termes

$$\sum_{j=1}^{m} (A_j \cos \alpha_j t + B_j \sin \beta_j t)$$

avec une erreur d'ordre $\overline{OP}_0^n$, pendant un intervalle de temps au moins d'ordre réciproque.

Dans le cas stable, il est presque évident que les n racines de l'équation caractéristique

$$\left| \frac{\partial X_i}{\partial x_j} - \lambda S_{ij} \right| = 0$$

doivent être purement imaginaires ou nulles. Afin de ne considérer que le cas typique le plus simple, nous écartons la possibilité des racines nulles. De plus, nous supposons que ces racines

$$\pm \mu_1 \sqrt{-1}, \quad \ldots, \quad \pm \mu_m \sqrt{-1}, \qquad (n = 2m)$$

ne sont liées par aucune relation linéaire

$$p_1 \mu_1 + \ldots + p_m \mu_m = 0,$$

où $p_1, \ldots, p_m$ sont des entiers. Un changement préliminaire linéaire des variables dépendantes suffit à donner aux équations la forme spéciale

$$(2) \quad \frac{dx_i}{dt} = \mu_i \sqrt{-1}\, x_i + \ldots, \qquad \frac{dy_i}{dt} = -\mu_i \sqrt{-1}\, y_i + \ldots \qquad (i = 1, \ldots, m),$$

où les termes omis sont des séries en x_i, y_i qui commencent par les polynomes du second degré au moins.

Pour la stabilité d'équilibre il faut qu'on puisse transformer les équations à une forme normale

$$(3)\qquad \frac{d\xi_i}{dt} = M_i\sqrt{-1}\,\xi_i, \qquad \frac{d\eta_i}{dt} = -M_i\sqrt{-1}\,\eta_i \qquad (i = 1, \ldots, m),$$

où les séries formelles M_i ne contiennent que les m produits $\xi_1\eta_1, \ldots, \xi_m\eta_m$ et commencent avec les constantes μ_i; ce fait fondamental peut être démontré très brièvement par une suite convenable de transformations. Les équations en ξ_i, η_i ainsi obtenues sont formellement intégrables avec

$$\xi_i = c_i e^{M_i\sqrt{-1}t}, \qquad \eta_i = d_i e^{-M_i\sqrt{-1}t} \qquad (i = 1, \ldots, m),$$

où les variables $\xi_1\eta_1, \ldots, \xi_m\eta_m$ des M_i sont remplacées par $c_1 d_1, \ldots, c_m d_m$ respectivement. Alors les x_i, y_i sont données par les séries trigonométriques correspondantes.

Donc la stabilité d'équilibre nécessite la forme trigonométrique indiquée des petites perturbations.

Le même procédé démontre que dans le cas d'équilibre instable les séries trigonométriques sont remplacées par des séries plus générales, analogues à celles étudiées par M. Picard. Dans ce cas les coordonnées ne sont pas du même caractère presque périodique.

Comment peut-on reconnaître les équations dont les perturbations sont trigonométriques? Les équations normales (3) nous donnent

$$\xi_i\eta_i = c_i d_i = k_i \qquad (i = 1, \ldots, m).$$

Cela signifie que

$$\varphi_i(x_1, \ldots, x_m) = k_i \qquad (i = 1, \ldots, m),$$

où les séries φ_i sont réelles et sans des termes linéaires.

Un premier criterium pour les perturbations trigonométriques est l'existence de m intégrales $\varphi_i = k_i$ qui commencent avec des termes quadratiques spéciaux.

Pour aller plus loin nous remarquons que les équations (3) sont canoniques, c'est-à-dire de la forme

$$\frac{d\xi_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial \eta_i}, \qquad \frac{d\eta_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \xi_i} \qquad (i = 1, \ldots, m),$$

avec fonction principale

$$H = \sum_{i=1}^{m} \varphi_i(\xi_1\eta_1 \ldots \xi_m\eta_m)\,\xi_i\eta_i,$$

où les séries $\varphi_i(u_1, \ldots, u_m)$ sont définies par le système d'équations partielles

$$M_i(u_1, \ldots, u_m) \equiv \varphi_i + \sum_{j=1}^{m} u_j \frac{\partial \varphi_i}{\partial u_j} \qquad (i = 1, \ldots, m).$$

Mais les équations canoniques sont toutes comprises dans le seul principe de variation

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \sum_{j=1}^{m} \xi_j \, d\eta_j + H \, dt \right\} = 0,$$

où l'on trouve une somme linéaire en $d\xi_1, \ldots, d\eta_m, dt$ sous le signe d'intégration. Quand on emploie les variables $x_1, \ldots, x_n$ au lieu de $\xi_1, \ldots, \eta_m$, cette somme restera linéaire en $dx_1, \ldots, dx_n, dt$. Par conséquence, les équations (1) résultent d'un principe de variation

$$(4) \qquad S\int_{t_0}^{t_1} | P_1 \, dx_1 + \ldots + P_n \, dx_n + Q \, dt | = 0.$$

Donc un autre criterium, nécessaire et suffisant pour des perturbations trigonométriques, est l'existence d'un tel principe de variation (4). *En choisissant convenablement les variables dépendantes, les équations peuvent être données sous la forme canonique.*

Le fait que la forme canonique possède toujours des perturbations trigonométriques a été démontré par Poincaré. C'est une situation inverse que nous signalons ici, en vue de laquelle le principe de variation et les équations canoniques semblent perdre un peu l'importance presque mystérieuse qu'on leur a accordée.

Tous les résultats susdits sont formels. Mais des questions intéressantes se posent sur la convergence des séries employées, dont nous avons abordé l'étude dans des cas étendus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le rôle catalytique du mercure dans la sulfonation de l'anthraquinone*. Note de M. **André Meyer**, présentée par M. Ch. Moureu.

La sulfonation de l'anthraquinone, dans les conditions habituelles de la technique, à l'aide de l'acide sulfurique ou de l'oléum seuls, introduit le

groupe SO^3H principalement en position β. Par l'addition d'un sel mercurique comme catalyseur, on oriente la substitution en α; dans ce cas, on opère généralement à une température un peu plus basse en utilisant un oléum d'une teneur plus faible en SO^3 ([1]).

Toutefois, dans la sulfonation ordinaire, il se produit, à côté du dérivé β sulfonique et en outre des acides disulfoniques, une petite quantité d'acide α, fait qui semble avoir été reconnu depuis longtemps par les techniciens fabriquant l'alizarine ([2]). Mais ce n'est que depuis les travaux précités que l'on sait préparer, d'une manière régulière et avec un rendement satisfaisant, l'acide α-anthraquinone-monosulfonique.

Pour expliquer l'influence catalytique du mercure, Martinet et Roux ont émis une ingénieuse hypothèse. Suivant eux l'introduction du groupe SO^3H aurait lieu dans tous les cas d'abord en position α, ce qui s'accorde avec les aptitudes réactionnelles bien connues de l'anthraquinone. Puis, aussitôt fixé, le groupe SO^3H subirait une migration d'α en β, avec une vitesse du même ordre que celle de la sulfonation. Par suite, en l'absence de catalyseur, on ne constate comme produit principal que le dérivé β sulfoné, résultant de ces deux réactions simultanées. L'action du mercure n'aurait alors pour effet que d'abaisser la température de sulfonation, en augmentant la vitesse de celle-ci, sans changer la vitesse de transposition $\alpha \rightarrow \beta$: dans ces conditions, l'acide α devient facilement isolable.

Les mêmes auteurs ont déduit de leur hypothèse : 1° que l'acide α-anthraquinone sulfonique ou ses sels doivent se transposer en dérivés β par *simple chauffage* avec l'acide sulfurique concentré; 2° qu'en sulfonant l'anthraquinone elle-même dans les conditions habituelles de préparation de l'acide β, mais *en présence de mercure*, on doit obtenir l'acide β beaucoup plus rapidement et avec un meilleur rendement ([3]).

Mes expériences personnelles ne me permettent pas d'accepter sans réserves les conclusions de Martinet et Roux et ne confirment pas entièrement les essais qu'ils ont décrits pour les appuyer.

Ainsi l'assertion qu'il suffit de chauffer le dérivé α sulfoné ou ses sels avec SO^4H^2 concentré pour les transformer en β n'est pas exacte, du moins sous la forme énoncée.

([1]) ILJINSKY, *D. ch. G.*, 36, 1903, p. 1494. — SCHMIDT, *Ibid.*, 37, 1904, p. 66.

([2]) DUNSCHMANN, *D. ch. G.*, 37, 1904, p. 331. — LIEBERMANN et PLEUS, *Ibid.*, 37, 1904, p. 646.

([3]) MARTINET et ROUX, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 385.

En effet, pour effectuer cette isomérisation, la *présence* de mercure est absolument *nécessaire*, elle n'a pas lieu en l'*absence de catalyseur*.

En répétant l'expérience de Martinet et Roux sur une quantité suffisante de sel de potassium de l'acide α-anthraquinone-sulfonique, corps facile à obtenir parfaitement pur et bien cristallisé, et en le chauffant à 180° avec 10 fois son poids d'acide sulfurique 100 pour 100, on retrouve, même en prolongeant la chauffe pendant 7 heures, le produit primitif inaltéré. On l'a identifié par transformation, avec le même rendement que le sel α dont on est parti, en α-chloranthraquinone pure, par action du chlore naissant, suivant la méthode indiquée par Ullmann.

Un autre échantillon du même sel α, traité dans les mêmes conditions de température par le même poids du même acide, mais avec addition cette fois de 0,5 pour 100 de sulfate mercurique, fournit déjà au bout d'une heure et demie de chauffe, le sel β sulfoné, avec un rendement quantitatif; on l'identifie en outre par sa transformation, par chloruration, en β-chloranthraquinone pure.

Il est à présumer que la divergence de nos observations provient du fait que Martinet et Roux ont opéré avec l'α-sulfonate de sodium, corps bien plus difficile à obtenir pur que le sel de potassium, lequel est très peu soluble. Leur produit devait probablement renfermer des traces de mercure résiduelles provenant de sa préparation.

En utilisant un sel de potassium α non rigoureusement purifié et recristallisé, il peut arriver qu'on constate en effet sa transposition en sel β, sans addition spéciale de catalyseur : dans ce cas, la recherche de traces de mercure dans l'échantillon expérimenté est alors positive.

On peut, à mon avis, expliquer la transposition du dérivé α sulfoné en dérivé β de la façon suivante. Sous l'influence de l'acide sulfurique, et en présence de mercure comme catalyseur, la réaction inverse de la sulfonation est possible; l'acide α sulfonique est hydrolisé en donnant de l'anthraquinone et de l'acide sulfurique. Si la concentration de SO^4H^2 et la température de réaction sont suffisamment élevées, l'anthraquinone, aussitôt libérée, se trouve sulfonée à nouveau, mais alors en position β, l'acide β étant le produit stable dans ces conditions.

PHYSIOLOGIE. — *Les nitrates dans les tissus animaux et végétaux.* Note de MM. **E. Kohn-Abrest** et **S. Kawakibi**, transmise par M. d'Arsonval.

La détermination des nitrates existant en faibles proportions dans les matières organiques présente de l'intérêt en biologie, bromatologie et toxicologie. La méthode classique de Lunge adaptée convenablement [1] nous a permis de résoudre ce délicat problème.

Le nitromètre (d'un modèle spécial) n'est pas indispensable. Il suffit d'agiter sur la cuve à mercure la solution sulfurique des nitrates dans une éprouvette (modèle K.-A.) [2] et de séparer le bioxyde d'azote dégagé ($2\,NO^3H + 3\,Hg + 3\,SO^4H^2 = 2\,NO + 3\,HgSO^4 + 4\,H^2O$).

Détails : A. *Corps solides.* — Mettre 25^g, broyés, à macérer dans 100^{cm^3} d'eau, alcaliniser le mélange avec Na^2CO^3; après une heure, essorer, laver, traiter les liquides réunis par 1 à 10 pour 100 de sous-acétate de plomb, faire bouillir, filtrer, laver, éliminer l'excès de plomb par du carbonate de sodium, filtrer, aciduler par acide acétique, concentrer sous pression réduite, vers $+70°$, dans un ballon, jusqu'à consistance sirupeuse, refroidir le ballon, en le plongeant dans l'eau froide, introduire alors 8^{cm^3} d'acide sulfurique à 66° B., laisser en contact pendant 30 minutes, maintenir le refroidissement.

Dans une éprouvette K.-A., préalablement remplie de mercure, placée sur la cuve à mercure, et surmontée d'un entonnoir joint par du caoutchouc, introduire par cet entonnoir le liquide sulfurique. Rincer ballon et entonnoir avec 5^{cm^3} de H^2SO^4 à 58° B., *agiter énergiquement l'éprouvette sur la cuve pendant* 10 *minutes.* Après rassemblement du gaz, transvaser et mesurer dans une éprouvette à partie supérieure étroite et divisée en $\frac{1}{20}$ de centimètre cube, vérifier la nature du gaz en l'agitant dans cette éprouvette, avec de la solution saturée de sulfate ferreux qui doit alors brunir instantanément, la diminution de volume V exprime NO et $\frac{V}{2}$, le volume correspondant d'*azote*, dont 1^{cm^3} à 0 et 760^{mm} équivaut à $0^g,00484\ N^2O^5$ ou à $0^g,00567\ NO^3H$ ou à $0^g,008\ NO^3Na$.

---

(1) A. Wahl et l'un de nous l'avons appliquée récemment au dosage de la soie Chardonnet non dénitrée.

(2) Éprouvette à robinet, de 50 à 70^{cm^3}, munie d'une tige de 10^{cm} semi-capillaire; à l'aide d'une série d'éprouvettes, on effectue très facilement et simultanément plusieurs dosages.

B. *Cas des liquides.* — Traiter directement 20 à 100^{cm^3} par le sous-acétate de plomb et poursuivre comme ci-dessus.

Nous avons appliqué ce procédé à la détermination des nitrates, dans des végétaux, des aliments essentiels, enfin en toxicologie. Il nous paraît susceptible d'être utilisé dans les stations agronomiques.

RÉSULTATS.

I. — *Nitrates dans les aliments* (en N^2O^5).

Lait de vache (milligrammes par litre).....	80	80	69	80	0,0	0,0
Lait de femme (id.).....			193	145		
Betteraves fourragères, épinards, artichauts, lentilles, farine, pain, vin, viande, bœuf, veau, mouton......................			Néant			
Eau potable, Paris (milligrammes par litre).			10			
Salaisons (en saumure salpêtrée à 10 pour 100) :						
Mortadelle (milligrammes par kilogr.)....			367			
Lard fumé (id.)....			410			

II.

Urine humaine (par litre).................	$0^g,036$
Viscères humains........................	Néant

En résumé, nos recherches démontrent nettement qu'il n'existe pas normalement de nitrates dans les principaux aliments d'origine végétale pris au hasard. Les viandes de boucherie n'en contiennent pas davantage; seul, le lait (lait de vache et lait de femme) renferme des nitrates (lait de vache 80^{mg}, lait de femme 145 à 190^{mg} exprimés en N^2O^5 par litre). La présence, dans le lait de vache, n'est toutefois pas constante.

Les viscères humains ne contiennent pas de nitrates. L'urine [1] en contient des proportions de l'ordre de celles que l'on trouve parfois dans le lait.

Il serait intéressant de fixer l'origine des nitrates dans le lait, mais, dès maintenant, cette présence n'apparaît nullement comme l'indice d'un mouillage du lait, dont la teneur naturelle en nitrates est bien autrement élevée que celle des eaux potables et même de beaucoup d'eaux très polluées.

---

[1] Caron (*Ann. Chim. analytique*, **17**, 1912, p. 9) avait signalé cette présence dans le lait.

Par suite de l'absence des nitrates dans les aliments habituels, la présence d'environ 0,02 pour 100 de nitrates (en N^2O^5) dans le lait de femme ne s'explique pas par un apport alimentaire. On sait que les nitrates sont des diurétiques puissants que l'organisme n'accumule pas. On est donc conduit à supposer que l'organisme humain élabore quotidiennement des doses assez notables de nitrates éliminés complètement soit par les reins, soit chez la nourrice par les glandes mammaires.

Enfin nos recherches montrent que, malgré l'emploi d'engrais nitratés, on ne trouve guère de nitrates dans les aliments végétaux, sauf *accidentellement* dans certaines betteraves fourragères suspectes alors d'être nuisibles.

La séance est levée à $15^h 15^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 SEPTEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

FLORE TROPICALE. — *Les* Ravenea, *Palmiers de Madagascar.* Note [1] de M. **Henri Jumelle.**

Deux espèces seulement de *Ravenea*, le *Ravenea Hildebrandtii* Bouch., des Comores, et le *Ravenea madagascariensis* Becc., du Centre de Madagascar, étaient connues lorsque, en 1913, en collaboration avec M. Perrier de la Bâthie, nous reprenions l'étude de ce genre; et nous décrivions alors quatre espèces malgaches nouvelles.

De plus récents documents nous permettent aujourd'hui d'étendre encore ces précédentes données et de caractériser définitivement les *Ravenea* beaucoup mieux que n'ont pu le faire Baillon et Beccari.

Le genre est, à de nombreux égards, bien distinct de tous ceux que nous avons déjà eu l'occasion de signaler dans des Notes antérieures : *Dypsis*, *Neodypsis*, *Neophloga* et *Chrysalidocarpus*.

Tous les *Ravenea* que nous connaissons sont dioïques; les fleurs, sur les épis floraux, sont isolées; les inflorescences femelles, une seule fois ramifiées, sont ordinairement isolées, mais les inflorescences mâles, presque toujours deux fois ramifiées, sont généralement groupées; mâles ou femelles, ces inflorescences sont le plus souvent accompagnées de cinq, plus rarement six spathes, la plus inférieure de ces spathes, dans les spadices mâles, étant commune à tout le groupe.

---

[1] Séance du 20 septembre 1926.

Les autres genres dont nous venons de rappeler les noms sont, au contraire, monoïques et à inflorescences mixtes; les fleurs, sur les épis floraux, sont par glomérules de trois, dont la médiane est femelle et les deux latérales mâles; les inflorescences sont isolées et pourvues seulement de deux grandes spathes.

Chez les *Ravenea*, d'autre part, les sépales sont plus ou moins hautement soudés, et le calice est tridenté ou tripartite; les pétales, qui dépassent plus ou moins longuement les sépales, sont généralement libres, ovales et acuminés.

Un autre caractère ordinaire est la présence, sur la face externe de la gaine, du pétiole et du rachis, et sur les spathes, d'un duvet ou même d'un tomentum épais, blanc argenté ou brunâtre.

Les fruits mûrs sont à pulpe assez épaisse, rouges et à stigmates latéraux.

Le bois de ces *Ravenea* est, non pas toujours, mais fréquemment, très dur, noir, moucheté en coupe transversale, ou strié en section longitudinale, par de nombreux faisceaux libéro-ligneux répartis dans un conjonctif sclérifié.

Les indigènes qui utilisent certains de ces bois, désignent la plupart des *Ravenea* sous le nom général d'*anivo*.

Des sept espèces que nous connaissons actuellement, l'une, le *Ravenea glauca*, qui, dans l'Ouest de Madagascar, forme, entre 1200^{m} et 1800^{m}, de vastes peuplements dans les massifs de l'Andringitra et de l'Isalo, est nettement distincte de toutes les autres par la forme de ses pétales, allongés et rubanés. C'est l'un des *Ravenea* où le tomentum des feuilles et des spathes est le plus abondant.

Parmi les espèces à pétales ovales et non rubanés, le *Ravenea robustior*, qui est le *loharanga* d'Analamazaotra et est un grand palmier robuste, est caractérisé par la grande languette triangulaire qui, à l'opposé du pétiole, prolonge le bord de l'orifice de la gaine. On ne retrouve cette même languette que chez le *kona* des forêts à sous-bois herbacé des hautes altitudes du Tsaratanana; mais ce *kona* n'est sans doute qu'une variété du *R. robustior*.

Chez ce *Ravenea robustior*, le rachis foliaire est surmonté d'une carène dont le sommet s'élargit au point que les segments foliaires semblent, de part et d'autre du rachis, partir d'une gouttière latérale. C'est le même caractère que présente le *Ravenea rivularis*, qui, toutefois, est dépourvu de languette oppositipétiole.

Le *Ravenea rivularis* appartient à la fois au versant occidental et au ver-

sant oriental de Madagascar, car c'est, dans l'Ouest, au pied de l'Isalo, le *gora* des Sakalaves, et, sur les bords du Fiherena, le *bakaly* des Bara, et, dans l'Est, dans le bassin du Matitana, l'*akoraka* des Tanala.

Le rachis est encore muni d'une carène, mais à sommet moins large que ce rachis, dans les quatre autres espèces qui sont : le *Ravenea madagascariensis* et le *Ravenea sambiranensis*, où ce sommet est plan, et le *Ravenea latisecta* et le *Ravenea amara*, où ce sommet est excavé, très légèrement dans le *R. amara*, beaucoup plus profondément, et en gouttière anguleuse, dans le *R. latisecta*, à larges segments foliaires.

Le *Ravenea madagascariensis*, signalé par Beccari comme un Palmier du Centre, croît en effet dans l'Analamazaotra vers 800^{m} d'altitude, tout en pouvant, semble-t-il, descendre beaucoup plus bas, jusqu'au voisinage de la mer, sur le versant oriental.

Le *Ravenea sambiranensis*, à ovaire oblong, alors que celui du *R. madagascariensis* est plus ou moins globuleux ou ovoïde, croît, vers 600^{m}, dans les bois secs du Manongarivo.

Le *Ravenea latisecta* appartient à l'Analamazaotra, comme le *R. madagascariensis ;* le *Ravenea amara*, ou *mafekely*, vit vers 2000^{m} dans la silve à Lichens du Tsaratanana.

Le bourgeon terminal de ce *R. amara* est amer, d'où d'ailleurs le nom indigène de *mafekely ;* le bourgeon du *R. madagascariensis* n'est pas davantage alimentaire. Au contraire est consommable comme chou-palmiste le bourgeon terminal du *R. robustior*.

Nous avons dit que le bois dur et noir de certains *Ravenea* est utilisé par les indigènes; c'est le cas, tout particulièrement, pour le *R. madagascariensis*, dont le tronc, à la fois dur et flexible, est très employé pour la fabrication de planchettes, de cannes, de manches divers, de bois d'arc, tous usages qui tendent, d'ailleurs, à raréfier l'espèce.

Le tronc, au contraire, du *Ravenea robustior* est, par exception pour le genre, très mou intérieurement; il s'écrase facilement lorsqu'il est abattu. Et il est, en effet, surtout constitué, vers l'intérieur, par un abondant tissu conjonctif qui, ici, reste mou, parcouru seulement par des faisceaux libéroligneux plus espacés vers le centre que dans la région périphérique. Les cellules de cette moelle sont remplies de très petits grains d'amidon lenticulaires ou elliptiques, de 9 à 12$^{\mu}$ de diamètre, simples ou, beaucoup plus rarement, géminés. La pulvérisation peut donc donner une farine ou un sagou dont les éléments sont, au reste, bien différents, comme forme et comme dimensions, de ceux du véritable sagou des *Metroxylon* de Malaisie

et de ceux aussi de la farine du *satranabé* (ou *Medemia nobilis*) de l'Ouest de Madagascar.

Nous ignorons si les indigènes utilisent pour l'alimentation cette moelle féculente du *loharanga*, mais nous savons, d'après M. Perrier de la Bâthie, qu'ils préparent du sel avec les cendres du tronc et que, en outre, avec les jeunes segments foliaires, ils confectionnent des chapeaux, qui sont, d'ailleurs, de mauvaise qualité.

PLIS CACHETÉS.

M. E. LECOMTE demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 17 septembre 1923 et enregistré sous le n° 9245.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Équilibre et cataclysmes. — Sens de la progression.*

CORRESPONDANCE.

HYDRODYNAMIQUE. — *Vidage d'un réservoir.* Note [1] de M. **JACQUES CHAPELON**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'étude du vidage d'un réservoir a été faite jadis par M. Haton de la Goupillière et Hugoniot [2]. Ces auteurs supposaient constants le volume V du réservoir et l'ouverture σ donnée au gaz s'échappant. Si l'on suppose l'ouverture variable et le volume variant assez lentement pour que l'on puisse appliquer la méthode de M. Haton de la Goupillière pour les basses pressions (usage de la formule de Barré de Saint-Venant et Wantzel), et celle d'Hugoniot pour les hautes pressions où le gaz sort avec la vitesse du son, on obtient les résultats suivants :

1° *Hautes pressions.* — J'appelle ainsi une pression p du réservoir telle que si p_1 est la pression du milieu extérieur indéfini, on ait $p_1 < \alpha p$ avec $\alpha = 0{,}528$, en prenant pour rapport des chaleurs spécifiques la valeur 1,4.

(1) Séance du 26 août 1926.

(2) *Comptes rendus*, 103, 1886, p. 922.

La durée t_1 de cette phase est donnée par la résolution de l'équation

$$\sqrt[5]{V(t_1)}\int_0^{t_1}\frac{\sigma}{\sqrt[5]{V^6}}dt=\frac{1}{\sqrt{\frac{p_0}{\rho_0}}}\left(2{,}1286\sqrt[7]{\frac{p_0}{p_1}}-2{,}3318\sqrt[5]{\frac{V(t_1)}{V(t_0)}}\right),$$

où p_0, ρ_0 sont la pression et la densité du gaz du réservoir à l'instant de l'ouverture de l'orifice, et p_1, ρ_1 la pression et la densité du gaz détendu adiabatiquement du milieu intérieur au milieu extérieur.

2° *Basses pressions.* — Ce sont les pressions p telles que $p_1 > \alpha p$. On considère l'intégrale φ de l'équation différentielle, où $a=\sqrt{7g\frac{p_1}{\rho_1}}$,

$$(E)\qquad \frac{d\varphi}{dt}=-\frac{1}{5}\frac{V'}{V}\cot\varphi-\frac{a\sigma}{V}\cos^5\varphi$$

avec les conditions initiales $\varphi_0=26G77$ pour $t=t_1$. On trouve, en appelant p et W la pression et la vitesse d'écoulement du gaz à l'instant t :

$$p=p_1\,\text{séc}^7\varphi,$$
$$W=a\,\text{tang}\,\varphi$$

et l'époque t_2 à laquelle le réservoir est vidé est donnée par la racine de l'intégrale de l'équation (E).

On remarque que si V est une fonction d'abord décroissante et passant par un minimum pour $t=t_0$ (cas d'un piston mobile dans un cylindre de moteur à explosion pendant la période d'échappement), le point $\Omega(t=t'_0,\ \varphi=0)$ est un point singulier possible pour les intégrales de l'équation (E). Ce point ne peut être qu'un nœud ou un foyer. Si c'est un nœud, et si la courbe intégrale passe assez près de lui, elle se termine précisément en Ω, ce qui montre que $t_2=t_0$. Dans le cas contraire, on rencontre un autre point singulier possible pour $t=t'_0$, époque d'un minimum de V. Ce point est un col. Et ainsi de suite, on trouve alternativement des cols correspondant aux maxima du volume et des nœuds ou des foyers correspondant aux minima du volume.

S'il s'agit d'un moteur à explosion, et de l'étude de la période d'échappement, le point Ω' et ses consécutifs n'interviennent pas. Le point Ω est donc soit un nœud, soit un foyer. Il est avantageux pour la puissance qu'il soit un nœud, et par suite que

$$(C)\qquad 7g\,p_1\sigma_0^2 > 20\rho_1 v_0 v''_0,$$

où v_0 est le volume du gaz au point mort haut, v''_0 la valeur de la dérivée

seconde du volume et σ_0 la section donnée à l'évacuation du gaz au même instant.

Le retard à la fermeture de l'échappement se justifie parce qu'il est le procédé pratique permettant de donner au gaz un orifice d'évacuation assez grand au point mort haut pour que la condition (C) soit vérifiée. Le cylindre est alors vidé au point mort haut, et, immédiatement après, une période de remplissage commence qui doit être réduite autant que possible. La nécessité de concilier ces deux conditions avec l'obligation de faire retomber la soupape sur son siège avec une vitesse à peu près nulle conduit à un tracé rationnel de came.

Il convient enfin de remarquer que les critiques que l'on peut opposer à la méthode exposée plus haut limitent la portée des conclusions obtenues. Elles sont surtout intéressantes pour l'étude *a priori* d'un type nouveau de moteur, par comparaison avec des types existant déjà.

ÉLECTRICITÉ. — *Recherches sur la constante diélectrique des pétroles et paraffines.* Note [1] de M. **H. Pécheux**, transmise par M. A. Blondel.

La constante diélectrique des pétroles et paraffines est mal connue; les nombres publiés actuellement sont les suivants : *paraffines*, varie de 1,90 à 2,35, chiffre proposé 2,18 (Winkelmann); *huile de paraffine*, 2,70 à la fréquence o (Clark); *pétroles*, de 2 à 2,25. Les auteurs n'indiquent ni la *constitution exacte* du produit, ni la *température* de l'essai. J'ai entrepris récemment de déterminer cette constante pour toute une série de pétroles et paraffines, en tenant compte de leurs caractéristiques physiques, et de la température.

a. Méthode. — J'ai employé pour mes mesures le *pont de Sauty* (de Chauvin et Arnoux) vérifié au préalable, et fournissant les lectures de (1×10^{-5}) à 10 microfarads, à l'aide d'une échelle graduée de 0,01 à 100, avec réducteurs : $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$ et $\frac{1}{1000}$. Les branches du pont étaient alimentées par les courants alternatifs secondaires d'une bobine de Ruhmkorff, entretenue au primaire sur 2 volts (élément d'accumulateur); l'équilibre entre les capacités opposées et les résistances de réglage était vérifié à l'aide d'un récepteur téléphonique.

N. B. — La *fréquence* des *courants induits* de la bobine est comprise entre 500 et

(1) Séance du 6 septembre 1926.

600 *périodes-seconde;* mais cette fréquence n'est pas celle des vibrations du trembleur, à cause de la *nature même* de ces courants; les *oscillations* du *secondaire* sont, de plus, *amorties*; *je reprendrai les essais* avec des courants de fréquence bien déterminée, et dont les oscillations seront sinusoïdales; mais j'ai pensé que les résultats actuels présentaient un intérêt certain.

Le condensateur cylindrique (à armatures en laiton) que j'ai fait construire pour mes mesures donnait, par le calcul de ses dimensions, une capacité réelle de $(0,13698 \times 10^{-3})$ microfarad; la mesure de sa capacité au pont de Sauty (condensateur à *lame d'air*) m'a fourni $(0,1375 \times 10^{-3})$ microfarad; différence $(0,00052 \times 10^{-3})$; l'erreur relative obtenue est $< \frac{4}{1000}$ (de l'ordre des *erreurs de lecture*, que j'ai trouvé, au préalable, voisin de 5 pour 100). Si l'intervalle entre les armatures est rempli avec tout le soin désirable par le liquide ou le solide à essayer, la mesure de la capacité du condensateur donne alors $C_1 = KC$ ($C =$ capacité avec lame d'air; $K =$ constante diélectrique); d'où un simple calcul fournit $K = \frac{C_1}{C}$. Dans le cas d'une paraffine, celle-ci est coulée à l'état de fusion; on achève de remplir graduellement, à cause de la *contraction* obtenue (14 pour 100 en moyenne); la mesure est effectuée quand la couche de paraffine, après solidification, remplit exactement l'intervalle entre les armatures. Pour les liquides, le remplissage est facile.

Pour obtenir la constante diélectrique à quelques températures différentes, je réchauffais l'armature interne du condensateur à l'aide d'eau chaude, sans aller jusqu'au point de fusion, bien entendu (un essai préalable m'a montré que la présence d'eau dans l'armature interne n'influençait nullement la capacité du système, rendu d'ailleurs très étanche, à l'aide d'un mastic approprié sans action sur les pétroles). J'ajoute que, dans toutes les mesures, la capacité du système des deux fils conducteurs de jonction du condensateur au pont (déterminée *a priori*) était défalquée du résultat trouvé; les fils et le condensateur constituant deux condensateurs en parallèles.

Si K_0 est la constante diélectrique à $0°$, K la constante à $t°$ et a le coefficient de température, on peut écrire $K = K_0(1 + at)$; j'ai déterminé a et K_0 pour trois huiles lourdes et pour les trois paraffines essayées.

b. Résultats. — J'ai essayé, par cette méthode, *six huiles de pétrole*, et *trois paraffines forméniques;* le tableau ci-après reproduit les nombres obtenus pour K ou K_0, avec en regard la densité, le point de fusion ou d'ébullition, que j'avais repérés soigneusement *a priori*.

Nature du produit.	Densité à $t°$.		Point de fusion.	Point d'ébullition à H^{mm}.		Constante K.		Constante K_0 (à 0°).	Coefficien[t] a.
Éther de pétrole..........	0,655	18°	„	56°	758	1,724	18°	„	„
Essence de pétrole........	0,703	18,5	„	98	»	1,873	18,5	„	„
Huile lampante (id.)......	0,806		„	207	»	2,027		„	„
Huile lourde (id.)........	0,879	20	„	249	»	2,127	20	2,181	—0,001.[illegible]
Huile de vaseline.........	0,849		„	314,5	»	2,091		2,140	—0,001.1
Huile de paraffine........	0,855		„	330	»	2,103		2,158	—0,001.[illegible]
Paraffine A (molle).......	0,856	19	51°	364,5	757	2,145	19	2,170	—0,000.6
Paraffine B (dures).....	0,886	17,5	54	383,5	»	2,036	17,5	2,056	—0,000.5
Paraffine C (dures).....	0,900		59	394,5	»	2,054		2,067	—0,000.3

c. Conclusions. — 1° Pour les *pétroles liquides*, la constante diélectrique croît avec la densité; le coefficient a (négatif) croît, en valeur absolue, avec la constante diélectrique.

2° Pour les *paraffines dures*, K augmente également avec la densité; mais a décroît, en valeur absolue, quand K croît.

3° La paraffine molle (A), donnant un produit plus homogène à la solidification, fournit un pouvoir diélectrique plus élevé, et se rapproche ainsi de l'huile de paraffine, dont elle a, d'ailleurs, à peu près la densité.

4° Le coefficient de température, *négatif* pour tous les pétroles et paraffines, présente une valeur absolue 2 à 3 fois plus faible pour les paraffines que pour les pétroles liquides.

Remarque. — Le nombre de Clark : 2,70 (huile de paraffine), avait été obtenu par une *méthode statique* : ce résultat, un peu élevé, est dû vraisemblablement à la pénétration du diélectrique.

Pour l'*heptane* (qui se rapproche de l'essence de pétrole), Dobroserdow a trouvé : K = 1,992 à 22°; il n'indique ni la température, ni la fréquence.

Bouty avait constaté que le coefficient a était négatif, avec une paraffine dont il n'a pas donné les caractéristiques physiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution des molybdates*. Note [1] de MM. A. **Travers** et **Malaprade**, transmise par M. Camille Matignon.

On trouve décrits dans la littérature un grand nombre de molybdates : ceux des métaux lourds ont une constitution relativement simple [2], et dérivent exclusivement de l'ion $[MoO^4]$; les molybdates alcalins sont au contraire très nombreux, et donnent l'impression d'une complexité parfois déconcertante. On peut distinguer parmi ces sels :

a. Les molybdates acides, où le rapport $\frac{MoO^3}{M^2O}$ est supérieur à 1.

b. Les molybdates neutres, où il est égal à 1.

Le but de cette Note est de montrer que les molybdates acides peuvent s'interpréter comme dérivant de *deux ions seulement*, l'ion tétramolybdique d'une part $[4MoO^3.O]$, l'ion normal d'autre part $[MoO^4]$. On trouvera ici seulement le résumé succinct de notre travail qui paraîtra dans un autre Recueil.

1. Nous avons indiqué dans une précédente Communication [3] que les solutions d'acide molybdique renfermaient des molécules d'un acide condensé $4MoO^3.H^2O$, analogue à l'acide métatungstique. La neutralisation de cet acide conduit au tétramolybdate, $4MoO^3.K^2O$, *décomposable à froid par un excès d'alcali*.

Le virage correspondant à la formation de ce sel n'est pas très net, en raison de son hydrolyse partielle, suivant

$$(1)\qquad 4[4MoO^3.K^2O] + 3H^2O \rightleftharpoons 4MoO^4K^2 + 3[4MoO^3.H^2O].$$

En limitant l'hydrolyse par action d'un excès d'acide tétramolybdique, on peut préparer les tétramolybdates purs : par addition d'alcool qui dissout l'excès d'acide, on précipite ces sels.

2. Les molybdates plus acides $\left(\frac{MoO^3}{M^2O} > 4\right)$ n'existent pas en présence de leur solution ; on ne peut les isoler qu'à partir d'une eau mère beaucoup plus acide.

---

(1) Séance du 9 août 1926.

(2) Junius, *Zeit. für anorg. Chem.*, 46, 1905, p. 428.

(3) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 292.

3. Les trimolybdates apparaissent souvent quand on croit préparer les tétramolybdates à partir d'une quantité calculée d'acide agissant sur MoO^4M^2. La solubilité règle la précipitation de l'un ou l'autre sel ; tous les faits s'expliquent dans l'hypothèse que l'ion trimolybdique, d'où dérivent les trimolybdates, est en équilibre avec les deux ions $[4MoO^3.O]$ et $[MoO^4]$

$$(2) \qquad 3[3MoO^3.O] \rightleftharpoons [MoO^4] + 2[4MoO^3.O].$$

4. La constitution des paramolybdates a été très discutée. Nous croyons affirmer qu'ils représentent de véritables individus chimiques dérivant de l'ion $[7MoO^3.3O]$; mais ces ions sont eux-mêmes en équilibre avec les deux ions $[4MoO^3.O]$ et $[MoO^4]$

$$(3) \qquad 3[7MoO^3.3O] \rightleftharpoons 4[4MoO^3.O] + 5[MoO^4],$$

la réaction (3) ne se produisant de gauche à droite qu'en milieu assez concentré (200^g de sel par litre).

La formule des paramolybdates de potasse, de soude, celle des paramolybdates *mixtes* de potasse et d'ammoniaque, peuvent être considérées comme représentées exactement par le schéma de Delafontaine : $7MoO^3.3M^2O$. Nous croyons apporter un nouvel argument décisif. Tous les auteurs avaient dosé jusqu'ici MoO^3 *total*; or, pour le sel de soude en particulier, les nombres *calculés* à partir du sel *hydraté* sont identiques aux erreurs de dosage près, pour les divers schémas proposés. Nous dosons au contraire MoO^3 non combiné sur le sel préalablement déshydraté vers 250°, pesé, puis redissous dans l'eau chaude, et titré alcalimétriquement en présence de phtaléine. L'expérience nous a appris en effet que la solution du sel hydraté, et celle du sel préalablement chauffé à 250° avaient le même pH, et qu'il n'existait donc qu'un état en solution. Or l'expérience donne pour MoO^3 non combiné un chiffre d'accord seulement avec la formule de Delafontaine. Rappelons d'autre part que MM. Darmois et Perin ont confirmé cette formule, pour le paramolybdate de soude, par des mesures de cryoscopie dans le sulfate de soude.

La formule du paramolybdate d'ammoniaque paraît aberrante, et s'accorde avec le schéma $12MoO^3.4Am^2O$. Il est possible que ce sel soit constitué par des cristaux mixtes de trimolybdate et de véritable paramolybdate

$$\frac{MoO^3}{Am^2O} = \frac{7}{3},$$

ces cristaux étant en équilibre avec une eau mère de même composition.

5. Les molybdates neutres dérivent exclusivement de l'ion $[MoO^4]$; quelle que soit leur concentration, leur solution ne donne aucune réaction colorée avec le ferrocyanure. La cryoscopie dans l'eau confirme la formule simple MoO^4M^2.

La séance est levée à $15^h 10^m$.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1926.

Bulletin de la Société scientifique du Dauphiné (ancienne Société de statistique, des sciences naturelles et des arts industriels). Tome **46**. Grenoble, Allier père et fils, 1925; 1 vol. 25cm.

Métallurgies du plomb, du nickel et du cobalt et alliages de ces métaux, par MM. FOURMENT et LÉON GUILLET. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1926; 1 vol. 23cm.

Leçons de cristallographie professées à la Faculté des sciences de Strasbourg, par GEORGES FRIEDEL. Paris, Berger-Levrault, 1926; 1 vol. 28cm.

Petits poèmes électriques et scientifiques, par HENRI ALLORGE. Paris, Perrin et Cie, 1924; 1 vol. 19cm.

Cinquantième Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences. *Lyon* 1906-1926. Lyon, A. Rey, 1926; 1 vol. 25cm.

Livre d'or de l'exposition de Pézenas, 21 *mai-1er juin* 1926. Montpellier, Emmanuel Montane, 1925; 1 vol. 32cm.

The bloodsucking arthropods of the Dutch east Indian archipelago. VII. *The tabanids of the Dutch east Indian archipelago*, by J.-H. SCHUURMANS STEKHOVEN. In *Treubia*, volume VI, supplément. Utrecht, L. E. Bosch, 1926; 1 vol. 27cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 OCTOBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce que le tome 181 (juillet-décembre 1925) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

HYDROLOGIE. — *Influence d'un courant de gaz inerte sur la décomposition des solutions sulfurées; application aux eaux minérales.* Note (¹) de MM. **A. Desgrez**, **L. Lescœur** et Mlle **S. Manjean**.

Les auteurs ne s'accordent généralement pas sur la nature du principe qui caractérise les eaux minérales sulfurées. Pour les uns, comme Fontan, c'est le sulfhydrate de sodium NaHS; pour les autres, comme Anglada et Filhol, c'est le sulfure neutre Na^2S. Pour certains, la présence d'hydrogène sulfuré libre n'est pas douteuse. On invoque, avec Filhol, l'action d'acides faibles, silice, gaz carbonique de l'air, pour expliquer le départ de l'hydrogène sulfuré aux dépens des sulfures.

L'eau elle-même contribue à la mise en liberté des acides faibles de leurs combinaisons salines (décomposition hydrolytique). Si l'on dissout du sulfure de sodium Na^2S dans des quantités d'eau de plus en plus grandes, le sel tend à donner du sulfhydrate, lequel se décompose lui-même en hydrogène sulfuré :

$$Na^2S + H^2O \rightarrow NaOH + NaHS; \qquad NaHS + H^2O \rightarrow NaOH + H^2S.$$

Soumises à un courant de gaz inerte, tel que l'hydrogène ou l'azote, les

(¹) Séance du 23 août 1926.

eaux minérales, comme les solutions artificielles, abandonnent à la température ordinaire, les unes un peu d'hydrogène sulfuré (eaux hépatiques des auteurs), les autres presque la totalité de ce gaz (eaux sulfhydriquées).

Ce phénomène nous a paru devoir être soumis à des mesures, comme moyen de fixer la constitution des solutions sulfurées, et, par suite, d'orienter la thérapeutique vers des règles d'application plus précises.

Technique employée. — Nous avons placé, dans des flacons fermés, des volumes déterminés de solutions sulfurées connues, ou d'eaux minérales sulfurées à étudier; nous avons ensuite fait passer à travers ces flacons un courant régulier de gaz hydrogène, de façon que des volumes égaux de gaz circulent en des temps égaux. Nous avons, pour cela, employé le montage « en circulation continue », décrit par l'un de nous [1]. Le gaz était ensuite dépouillé de son hydrogène sulfuré par barbotage dans un flacon contenant de l'acétate de zinc. Ce flacon laveur était enlevé et remplacé par un autre semblable, après des temps connus, toutes les cinq minutes, par exemple. Le dosage iodométrique du sulfure de zinc permet de se rendre compte de l'allure de la désulfuration des solutions et de se faire une idée de leur constitution.

Essai préliminaire. — Nous avons préparé, en faisant passer H^2S dans de l'eau distillée bouillie, des solutions d'hydrogène sulfuré, sensiblement 0,02 N.

TABLEAU n° 1.

	Expérience I. — H^2S pour 100 du dégagement total		Expérience II. — H^2S pour 100 du dégagement total		Expérience III. — H^2S pour 100 du dégagement total	
Temps depuis l'origine.	dégagé depuis l'origine.	restant au temps *t*.	dégagé depuis l'origine.	restant au temps *t*.	dégagé depuis l'origine.	restant au temps *t*.
0 minute ...	—	100	—	100	—	100
5 minutes...	97,6	2,4	5	95	0	100
10 » ...	100	0	8	92	0	100
1 heure			22	78	0	100
7 heures....			50	50	6	94
10 »			70	30	15	85
				etc.		etc.

L'essai I a porté sur 10^{cm^3} de cette solution, immédiatement après sa pré-

(1) LESCŒUR, *Absorption des gaz en circuit fermé. Présentation d'un appareil* (*C. R. des séances de la Société de Biologie*, 86, 1924, p. 912).

paration, sans addition d'aucun réactif. Les essais II et III ont été effectués sur les mêmes quantités d'hydrogène sulfuré, mais après addition de soude, calculée, d'après le titre en hydrogène sulfuré, pour obtenir, dans le cas du n° II, les proportions correspondant au sulfhydrate, et, dans le cas n° III, celles du sulfure neutre.

Dans des conditions expérimentales identiques, il a suffi de 10 minutes pour enlever tout l'hydrogène sulfuré de l'essai I, alors que, dans le même temps, la plus grande partie ou la totalité de l'hydrogène sulfuré est restée en solution dans les essais II et III.

Cas d'un mélange d'hydrogène sulfuré et de sulfhydrate. — Nous avons préparé un mélange d'hydrogène sulfuré et de sulfhydrate en faisant passer un courant de H^2S dans une solution de soude sensiblement 0,02 N $\left(\text{correspondant exactement à une alcalinité de } 9^{cm^3},95\ \frac{N}{50} \text{ pour la prise d'essai de } 10^{cm^3}\right)$.

TABLEAU n° 2.

Temps depuis l'origine.	Expérience IV. — H^2S pour 100 du dégagement total — dégagé depuis l'origine.	restant au temps t.
0 minute	–	100
5 minutes	57	43
10 »	60,5	39,5
15 »	61	39
30 »	63	37
45 »	64,5	35,5

Cette expérience montre que le départ de l'hydrogène sulfuré se fait en deux périodes : une première (5 minutes) correspond à la fraction du gaz dissous, H^2S libre, qui s'échappe ; une seconde correspond à une émission plus lente, en rapport avec une hydrolyse du sulfhydrate. L'expérience a été arrêtée à la quarante-cinquième minute, par addition d'acide chlorhydrique donnant le dégagement de l'hydrogène sulfuré restant.

La technique que nous adoptons se prête donc à l'étude de la diffusion de H^2S en fonction du temps. De plus, on peut séparer, dans l'hydrogène sulfuré total, la portion libre, qui se diffuse rapidement, de la fraction combinée à l'état de sulfhydrate et de sulfure, dont le dégagement est notablement ralenti.

Les exemples précédents ont été calculés en pourcentage de H^2S total. L'expérience IV peut encore être mise sous une autre forme : le tableau suivant porte les quantités absolues de H^2S libre ou combiné qui se trouvent à chaque instant dans le milieu, donnée exprimée en centimètres cubes de liqueur titrée [colonne (2)] suivant une notation sur laquelle nous avons insisté antérieurement ([1]) et qui facilite la comparaison entre la constitution atomique et le pH du milieu [colonnes (3) et (4)].

(1) Temps.	(2) H^2S restant au temps *t*, exprimé en $cm^2 \frac{N}{50}$.	(3) $\frac{H^2S \text{ restant}}{\text{Alcalinité}}$ ([2]).	(4) pH.
min			
0	46,50	4,7	<7,1
2	.....	...	7,9
3	.....	...	8,1
4	.....	...	8,3
5	20,10	2	8,6
6	.....	...	8,9
7	.....	...	9,2
10	18,40	1,8	>9,2
15	18,05	1,8	»
30	17,20	1,7	»
45	16,65	1,7	»

Le graphique, construit avec ces résultats et qui paraîtra ailleurs, montre que l'étude de la diffusion de l'hydrogène sulfuré constitue un moyen qualitatif et, jusqu'à un certain point, quantitatif de détermination de l'hydrogène sulfuré à l'état de sulfhydrate (et partant de l'alcali lié à l'hydrogène sulfuré), ainsi que de la proportion de ce corps libre dans une solution donnée.

([1]) A. DESGREZ, H. BIERRY et L. LESCŒUR, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1112.

([2]) Alcalinité et H^2S sont exprimés ici en centimètres cubes $\frac{N}{50}$. 1^{cm^3} $\frac{N}{50}$ de H^2S correspond à $0^{mg},3408$ d'hydrogène sulfuré.

CHIMIE PHYSIQUE. — *De l'influence du corroyage sur les propriétés mécaniques des alliages de cuivre et des alliages d'aluminium.* Note de M. **Léon Guillet.**

De nombreux travaux, notamment ceux de M. Charpy, ont montré l'influence du corroyage, c'est-à-dire de la réduction de section faite par forgeage, à température élevée, sur les aciers.

Aucun travail analogue n'a été envisagé, à ma connaissance, sur le cuivre et ses alliages ainsi que sur l'aluminium et ses alliages.

Le champ d'investigation est d'ailleurs limité, puisqu'il ne peut s'adresser qu'aux alliages qui peuvent être forgés à température élevée, plus exactement à température telle qu'aucun écrouissage n'en résulte.

Mes recherches, trop développées pour être complètement analysées ici, présentent quelques résultats intéressants qui sont résumés dans les tableaux suivants (¹) :

				État brut.		État recuit.	
État.	Diamètre de la section.	Corroyage.	Sens du prélèvement des éprouvettes.	Essai de choc ρ(²).	Essai de dureté Δ(³).	Essai de choc ρ.	Essai de dureté Δ.
1° *Laiton* : Cu = 60,52; Zn = 36,10; Pb = 1,89.							
Coulé......	125^mm	0	long	3,9	78,8	8,1	71,1
»	»	»	travers	4,2	»	8,8	»
Laminé	90	2	long	5,2	79,5	6,9	70,5
»	»	»	travers	3,8	»	6,7	»
»	65	3,6	long	6,4	107	8,6	73,5
»	»	»	travers	2,8	»	5,9	»
»	50	6,3	long	4,3	75,6	8	72
»	»	»	travers	2,4	»	4,8	»
»	16	60	long	3,8	93,8	7,3	75,3

(¹) Les essais de choc ont été faits au mouton Frémont sur éprouvettes Frémont, plus faciles à prélever.

Les essais de dureté ont été faits par la méthode de Brinell : bille de 10^mm de diamètre, charge de 3000^kg.

Tous les lingots et barres utilisés sont de section circulaire.

(²) ρ = résilience par centimètre carré.

(³) Δ = chiffre de Brinell.

Etat.	Diamètre de la section.	Corroyage.	Sens du prélèvement des éprouvettes.	État brut. Essai de choc ρ.	État brut. Essai de dureté Δ.	État recuit. Essai de choc ρ.	État recuit. Essai de dureté Δ.
			2° *Laiton* : Cu = 62,32 ; Zn = 37,37.				
Coulé......	125 mm	0	long	13,5	56,6	19,9	52,1
»	»	»	travers	12,1	»	18,3	»
Laminé....	90	2	long	12,9	59,6	17,9	51,5
»	»	»	travers	11,4	»	15,6	»
»	65	3,6	long	15,2	66	25,3	54,1
»	»	»	travers	11,5	»	18,3	»
»	50	6,3	long	13,7	65,6	21,9	54,8
»	»	»	travers	9,6	»	17,2	»
»	16	60	long	15,5	70	21,6	54,1
			3° *Aluminium commercial* : Fe = 0,45 ; Si = 0,43				
Coulé......	125 mm	0	long	4,2	22,8	4,7	21,5
»	»	»	travers	4,6	»	4,4	»
Filé.......	90	2	long	11,4 (1)	25	10,6 (1)	23,1
»	»	»	travers	8,9	»	10,6 (1)	»
»	65	3,6	long	11,9 (1)	26	10,1 (1)	22,1
»	»	»	travers	11	»	10,3 (1)	»
»	50	6,3	long	13 (1)	28,5	11,2 (1)	21
»	»	»	travers	9	»	10,7 (1)	»
»	45	7,9	long	13,2 (1)	27,7	10,5 (1)	26,5
»	»	»	travers	10,3	»	10,7 (1)	»
»	20	38,6	long	13 (1)	26,3	11,3 (1)	20,3
			4° *Alliage d'aluminium* : Cu = 5,97 ; Mn = 0,84 ; Fe = 0,93 ; Si = 0,21.				
Coulé......	125 mm	0	long	0,2	55,5	0,3	44,1
»	»	»	travers	0,2	»	0,7	»
Filé.......	90	2	long	1	56	1,6	43,6
»	»	»	travers	0,3	»	0,7	»
»	65	3,6	long	5,1	58	5,7	43,6
»	»	»	travers	1,1	»	4	»
»	50	6,3	long	5,1	58,8	5,6	44
»	»	»	travers	1,1	»	3,9	»
»	45	7,9	long	2	57,6	3,9	43,8
»	»	»	travers	0,4	»	1,6	»

(1) Éprouvettes pliées et non brisées.

État.	Diamètre de la section.	Corroyage.	Sens du prélèvement des éprouvettes.	État brut. Essai de choc ρ.	État brut. Essai de dureté Δ.	État recuit. Essai de choc ρ.	État recuit. Essai de dureté Δ.
5° *Alliage d'aluminium :* Cu = 3,52; Mn = 0,59; Mg = 0,58; Fe = 0,60; Si = 0,43.							
Coulé......	125	0	long	0,1	62	0,7	44,1
»	»	»	travers	0,1	»	0,7	»
Filé........	90	2	long	1	60	1,1	49,0
»	»	»	travers	0,1	»	0,7	»
»	65	3,6	long	2,9	58,8	6,2	49,0
»	»	»	travers	0,7	»	1,2	»
»	50	6,3	long	4,6	67	6,8	48,0
»	»	»	travers	1,2	»	2,9	»
»	45	7,9	long	6	63,5	6,6	47,8
»	»	»	travers	1,2	»	2,3	»
»	20	38,6	long	7,1	63,1	7,4	49,0

De nombreux essais ont été faits sur alliages trempés, avec ou sans revenu, notamment sur différents bronzes d'aluminium et les deux alliages d'aluminium déjà étudiés. Voici les résultats pour l'alliage d'aluminium : Cu = 3,52; Mn = 0,59; Mg = 0,58; Fe = 0,60; Si = 0,43, trempé à l'eau à 475°, revenu à la température ordinaire durant 100 heures.

État.	Diamètre de la section.	Corroyage.	Sens du prélèvement des éprouvettes.	A l'état trempé et revenu. ρ.	A l'état trempé et revenu. Δ.
Coulé.......	125	0	long	0,2	61,9
»	»	»	travers	0,2	64,5
Filé........	90	2	long	0,9	69,5
»	»	»	travers	0,3	75
»	65	3,6	long	2,9	72,7
»	»	»	travers	0,6	76
»	50	6,3	long	4,3	79,7
»	»	»	travers	1,6	85,2
»	45	7,9	long	4,3	76
»	»	»	travers	1,2	78,4

Ces recherches montrent :

1° L'influence considérable du corroyage sur les propriétés mécaniques des alliages étudiés, tout particulièrement au point de vue résilience;

2° Un maximum assez accusé de cette influence; il se trouve pour les laitons au degré de corroyage 1,9; il est à un degré de corroyage un peu plus élevé pour les alliages d'aluminium;

3° Une différence très accusée entre les résultats donnés par les éprouvettes prélevées dans le sens du laminage ou dans le sens perpendiculaire. Cette différence augmente, ou du moins la fragilité dans le sens perpendiculaire, augmente généralement au delà d'un certain degré de corroyage, ainsi que cela a été montré par M. Charpy pour les aciers.

Il y a donc très grand avantage à atteindre un certain degré de corroyage, mais il y a intérêt à ne pas dépasser certaines limites.

Suivant nos essais, on peut indiquer qu'il est intéressant d'atteindre le degré de corroyage 2 pour les alliages de cuivre étudiés et l'aluminium, et 2,5 pour les alliages d'aluminium étudiés, le maximum de degré de corroyage à utiliser étant de 2,8 à 3, excepté pour l'aluminium même.

M. **Charles Gravier** présente le Tome sixième, deuxième partie, de l'ouvrage de feu Eugène Simon, Correspondant de l'Académie, intitulé : *Les Arachnides de France*.

M. **Jean Effront** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude du pouvoir absorbant des tissus végétaux*.

NOMINATIONS.

MM. **E. Leclainche**, **Ch. Depéret**, **V. Grignard** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé à la mémoire de *Chauveau*, à l'Ecole Nationale vétérinaire de Lyon, le 7 novembre prochain.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines propriétés des fonctions harmoniques et leur extension aux solutions des équations aux dérivées partielles linéaires*. Note de M. **Maurice Gevrey**.

Le problème de Dirichlet et les fonctions harmoniques ont donné lieu récemment à de remarquables travaux [1]. On peut étudier, plus générale-

(1) Voir Picard, Lebesgue et Bouligand, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 933, 1025, 1037, 1097, 1200, 1270, 1366, et tout le fascicule XI du *Mémorial des Sciences mathématiques*.

ment, l'équation linéaire du type elliptique à m variables

$$(\mathcal{E}) \qquad \sum a_{ik}\frac{\partial^2 z}{\partial x_i\,\partial x_k}+\sum 2b_i\frac{\partial z}{\partial x_i}+cz+f=0,$$

et cela par une méthode uniforme qui permet de retrouver, comme cas particuliers, certains des résultats précédemment acquis par une autre voie pour les fonctions harmoniques. Nous supposerons les a_{ik} continus, b_i, c et f bornés et la solution z *régulière*, c'est-à-dire continue ainsi que ses dérivées premières et secondes (celles-ci peuvent même admettre certaines discontinuités finies). Nous désignerons par $(\mathcal{E}_1)$ l'équation $(\mathcal{E})$ dans le cas où $a_{ii}=1$ et $a_{ik}=0\ (i\neq k)$.

L'unicité de la solution du problème de Dirichlet relatif à $(\mathcal{E})$ et à un domaine $(\mathfrak{D})$ est assurée quand le déterminant de l'équation de Fredholm à laquelle on est conduit n'est pas nul. Mais il convient de trouver d'autres critères d'unicités valables lorsqu'on ne peut former cette équation intégrale et qui puissent s'étendre aux équations non linéaires. C'est ce qu'ont fait notamment, pour l'équation $(\mathcal{E}_1)$, M. Picard [1] et Paraf [2] : la condition $c\leqq 0$ *est valable aussi pour l'équation* $(\mathcal{E})$ et conduit également, quand c a un signe quelconque, à trouver d'autres conditions d'unicité [3] pour les coefficients seuls ou pour le domaine, au moyen de la substitution $z=z_1 v$. Celle-ci permet aussi, par un choix convenable de v, de déduire d'autres propriétés de z du fait que $|z_1|$ ne peut présenter de maximum si le coeffi-

---

(1) *Analyse*, **2**, p. 23-33, et *Journal de l'École Polytechnique*, LXe cahier, 1890, p. 89 : la condition trouvée pour $(\mathcal{E}_1)$ est $c-\sum\frac{\partial b_i}{\partial x_i}\leqq 0$ et pour $(\mathcal{E})$ elle devient

$$c-\sum\frac{\partial b}{\partial x_i}-\frac{1}{2}\sum\frac{\partial^2 a_{ik}}{\partial x_i\,\partial x_k}\leqq 0.$$

$(\mathcal{E})$ peut d'ailleurs être considérée comme une extension de $(\mathcal{E}_1)$ dans un espace de Riemann, mais ceci exige pour les a_{ik} des conditions de dérivabilité que nous ne supposerons pas dans la suite.

(2) *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, **6**, 1892, p. 1. Cf. aussi Lichtenstein, *Journal de Crelle*, **143**, 1913, p. 64. Il importe de remarquer que le raisonnement peut s'étendre au cas *où les dérivées secondes sont directes*.

(3) Ainsi, en posant $z=z_1 e^{-\alpha_i x_i}$, on voit que l'unicité a lieu si, dans l'espace (α_i), les domaines $\Sigma a_{ik}\alpha_i\alpha_k+\Sigma 2b_i\alpha_i+c\leqq 0$ admettent une partie commune quand (x_i) varie dans $\mathfrak{D}$; par exemple, si B_1 est l'oscillation totale de b_1, on trouve la condition $B_1^2-4a_{11}(b_1^2-c)\leqq 0$. En posant $z=z_1(K^2-x_1^2)$, on obtient très simplement une condition de dimension de $\mathfrak{D}$ dans le sens des x_1.

cient c_1 de z_1 est négatif dans la nouvelle équation ou de minimum s'il est positif.

Dans ce qui suit, nous supposerons $c \leqq 0$ dans $\mathfrak{D}$, de frontière S, et r désignera la distance d'un point quelconque de $\mathfrak{D}$ à un point de discontinuité situé dans $\mathfrak{D}$ ou S. En posant, pour $(\mathcal{E}_1)$, $v = r^{-p} e^{Kr^\alpha} [p = m - 2, \alpha > 0]$, on peut choisir les nombres K et α de manière que Kc_1 soit négatif. Si $f = 0$ et si z s'annule sur S, sauf en un point O où l'on sait seulement que zr^p [ou $z(\mathfrak{L} r)^{-1}$ si $p = 0$] *tend vers zéro avec r*, la fonction $|z_1|$, envisagée à l'extérieur d'une petite sphère σ de centre O et de rayon ρ, ne pourra être maximum que sur σ (avec $K > 0$); donc en tout point de $\mathfrak{D}$, $|z| < \mu \rho^p r^{-p} e^{K(r^\alpha - \rho^\alpha)}$, μ étant le maximum de $|z|$ sur σ : d'où $z \equiv 0$.

On déduit de là *l'unicité de la solution du problème de Dirichlet pour* $(\mathcal{E})$ quand les points de discontinuité des données peuvent être enfermés dans un nombre fini de sphères infiniment petites [1]. Si maintenant les points singuliers sont intérieurs à $\mathfrak{D}$, *toujours avec la condition* $zr^p \to 0$, on montre que z doit être *continue*.

Enfin si les points singuliers dans $\mathfrak{D}$ ou S forment des ensembles continus e à q dimensions (mesurables), *l'unicité et la continuité* auront lieu nécessairement si $z\delta^{p-q}$ [ou $z(\mathfrak{L}\delta)^{-1}$ si $p = q$] tend vers zéro avec la plus courte distance δ à e [2].

La même méthode permet d'étendre à $(\mathcal{E})$ *le principe des singularités positives* de M. Picard : une solution $Z > 0$, infinie à l'origine O, *est de la forme* $w[\Sigma A_{ik}(O) x_i x_k]^{-\frac{p}{2}}$, A_{ik} étant le mineur de a_{ik} et w une fonction continue. Si l'on sait *de plus* calculer la solution fondamentale U en O, on a $Z = CU + u$, C étant une constante et u une solution régulière; et si Z s'annule sur S, elle est égale à CG, G étant la *fonction de Green* que nous avons formée antérieurement [3].

Le type *parabolique* donne lieu à des résultats analogues aux précédents : par exemple, une solution nulle sur une caractéristique, sauf en un point O, et devenant infinie et positive en O d'un même côté de la caractéristique, est aussi de la forme $CU + u$.

---

(1) Ou une infinité dénombrable, dont la somme des rayons soit arbitrairement petite, si zr^{p-1} est borné.

(2) Tous ces énoncés ne sont vrais que dans un domaine assez petit, sauf si les accroissements des a_{ik} sont d'ordre non nul par rapport à r : $\mathfrak{D}$ est alors quelconque (avec $c \leqq 0$).

(3) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 612 (où G est envisagée comme solution de l'adjointe), et **182**, 1926, p. 36. On peut obtenir les résultats énoncés en étendant à $(\mathcal{E})$ la méthode de M. Picard.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation du prépotentiel plan.* Note [1] de M. **Pierre Humbert**, transmise par M. Paul Appell.

L'étude de l'action sur un point (x, y, z) d'une masse attirante homogène répandue sur le plan $x = 0$, lorsque l'attraction est supposée proportionnelle à la $-(2h+3)^{\text{ième}}$ puissance de la distance, h étant un nombre quelconque, conduit à un potentiel d'attraction, appelé par Green *prépotentiel plan*, qui vérifie l'équation

$$(1) \qquad \Box V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} + \frac{2h+1}{x}\frac{\partial V}{\partial x} = 0.$$

Indiquons comment on peut, en suivant la méthode de M. Giulotto pour les fonctions q-harmoniques [2], trouver des solutions de l'équation (1) sur la sphère $x^2 + y^2 + z^2 = 1$.

Abordons d'ailleurs le problème généralisé, en considérant l'équation

$$(2) \qquad \Box^q V = 0,$$

étant posé

$$\Box^2 V = \Box(\Box V),$$
$$\dots\dots\dots\dots,$$
$$\Box^{n+1} V = \Box(\Box^n V).$$

On montrera d'abord que, si une fonction $f(x, y, z)$, homogène et de degré m, satisfait à (2), la fonction

$$F = \rho^{-(2m+2h-2q+4)} f,$$

où $\rho = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, satisfait aussi à (2).

On en conclura, faisant $m = 0$, que

$$\Phi = \rho^{2n+2h-2q+4} \frac{\partial^n}{\partial x^\alpha \partial y^\beta \partial z^\gamma} \rho^{2q-2h-4},$$

où $\alpha + \beta + \gamma = n$, est une solution de (2).

Si les variables sont liées par

$$(3) \qquad x^2 + y^2 + z^2 = 1,$$

---

[1] Séance du 27 septembre 1926.

[2] Voir ma Note *Sur les fonctions q-harmoniques dans l'hyperespace* (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1262).

nous obtiendrons, posant

$$(4) \qquad y^2 + z^2 = t^2,$$

faisant $\beta = \gamma = 0$, et changeant x en $x - a$, la solution

$$\Phi = \frac{d^n}{dx^n}[t^2 + (x-a)^2]^{q-h-2},$$

où l'on tient compte de (3) et (4). Donc les polynomes naissant du développement en série de

$$(1 - 2ax + a^2)^{q-h-2}$$

sont, sur la sphère, des solutions de (2). Or ce sont les polynomes de Gegenbauer $C_n^{h-q+2}(x)$, et, pour l'équation (1) du prépotentiel plan, les polynomes $C_n^{h+1}(x)$.

La généralisation au prépotentiel dans l'hyperespace à $r+2$ variables est immédiate et donne, comme solutions de $\square^q V$ sur l'hypersphère

$$x_1^2 + \ldots + x_{r+2}^2 = 1,$$

les polynomes que MM. Appell et Kampé de Fériet, dans l'ouvrage qu'ils viennent de publier, désignent par

$$V_{m_1, \ldots, m_r}^{(2h-2q+4)}(x_1, \ldots, x_r),$$

ce qui s'accorde bien, dans le cas newtonien où $h = -\frac{1}{2}$, avec les résultats de ma Note citée. Je donnerai ailleurs la formation explicite de solutions de l'équation prépotentielle en coordonnées curvilignes du second degré.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Exemple d'une série entière prenant, sur son cercle de convergence, un ensemble de valeurs non mesurable* B. Note posthume de **Paul Urysohn**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit $f(z)$ une série entière ayant le cercle $|z| = 1$ pour son cercle de convergence.

Nous dirons que le nombre complexe w_0 est une *valeur prise par* $f(z)$ *sur* $|z| = 1$ s'il existe un arc simple $\overline{z_1 z_0}$ contenu, à son extrémité z_0 près, à l'intérieur du cercle $|z| = 1$ et tel que $f(z)$ tend vers w_0 quand z se rapproche infiniment au point z_0, en restant toujours sur l'arc $\overline{z_1 z_0}$.

L'ensemble de toutes les valeurs w_0 prises par $f(z)$ sur $|z| = 1$ sera désigné par M_f.

Désignons par $M_{f,x}$ l'ensemble de toutes les valeurs *réelles* prises par la fonction $f(z)$ sur le cercle $|z| = 1$ (au sens que nous venons d'expliquer). Le sous-ensemble $M_{f,x}$ de M_f peut, bien entendu, être vide; mais si $M_{f,x}$, loin d'être vide, est non mesurable B, il est évidemment de même de l'ensemble M_f tout entier. Il nous suffit donc de construire une série $f(z)$ pour laquelle $M_{f,x}$ n'est pas mesurable B.

2. Soit P un ensemble (A) non mesurable B situé sur l'intervalle [1] (0; 1) de l'axe Ox et *formé de nombres irrationnels*. Il existe, parmi les *systèmes déterminants* [2] de l'ensemble P, un système $S(\Delta_{i_1 i_2 \ldots i_k})$ formé des intervalles $\Delta_{i_1 i_2 \ldots} = (a_{i_1 i_2 \ldots i_k}, b_{i_1 i_2 \ldots i_k})$ satisfaisant aux conditions suivantes :

1° La longueur $b_{i_1 i_2 \ldots i_k} - a_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ de $\Delta_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ tend vers zéro avec $\frac{1}{k}$.

2° On a toujours (quels que soient $k, i_1, i_2, \ldots, i_k, i_{k+1}$)

$$a_{i_1 i_2 \ldots i_k} < a_{i_1 i_2 \ldots i_k i_{k+1}} < b_{i_1 i_2 \ldots i_k i_{k+1}} < b_{i_1 i_2 \ldots i_k}.$$

3° Deux intervalles $\Delta_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ et $\Delta_{j_1 j_2 \ldots j_k}$, du même *rang* k, sont géométriquement identiques toutes les fois qu'ils possèdent des points communs [3].

Posons maintenant

$$\alpha_{i_1 i_2 \ldots i_k} = a_{i_1 i_2 \ldots i_k} + \frac{b_{i_1 i_2 \ldots i_k} - a_{i_1 i_2 \ldots i_k}}{i_k + 1}, \qquad \beta_{i_1 i_2 \ldots i_k} = a_{i_1 i_2 \ldots i_k} + \frac{b_{i_1 i_2 \ldots i_k} - a_{i_1 i_2 \ldots i_k}}{i_k}.$$

Il résulte alors de la condition 3° que *deux intervalles*

$$(\alpha_{i_1 i_2 \ldots i_k}, \beta_{i_1 i_2 \ldots i_k}) \quad et \quad (\alpha_{i_1 i_2 \ldots i'_k}, \beta_{i_1 i_2 \ldots i'_k}) \qquad (où\ i'_k \neq i_k)$$

n'ont jamais de points communs.

3. Désignons par E_{oxy} le plan ordinaire portant un système oxy de coordonnées rectangulaires. Supposons qu'une infinité dénombrable d'exemplaires du plan E_{oxy} se trouve à notre disposition afin d'en déduire une surface de Riemann à une infinité de feuillets.

Cette surface de Riemann sera composée de rectangles H, $H_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ dont voici la définition : en conservant les notations du numéro précédent, considérons (dans le plan E_{oxy}) le rectangle $0 < x < 1$, $\frac{1}{2} < y < 1$; c'est ce

---

(1) Nous ne considérons dans cette Note que des intervalles *ouverts*.

(2) V. Souslin, *Une définition des ensembles mesurables* B ... (*Comptes rendus*, 164, 1917, p. 88).

(3) L'existence d'un système déterminant $S(\Delta_{i_1 i_2 \ldots i_k})$, jouissant des propriétés 1-3, a été démontrée par M. Lusin.

rectangle qui sera nommé H; sera nommé ensuite $H_{i_1 i_2 \dots i_k}$ le rectangle $a_{i_1 i_2 \dots i_k} < x < b_{i_1 i_2 \dots i_k}$, $\frac{1}{k+2} < y < \frac{1}{k+1}$ du plan $E_{oxy}^{i_1 i_2 \dots i_k}$.

Cela posé, attachons le rectangle $H_{i_1 i_2 \dots i_k}$ au rectangle $H_{i_1 i_2 \dots i_{k-1}}$ le long de l'intervalle rectiligne $\alpha_{i_1 i_2 \dots i_k} < x < \beta_{i_1 i_2 \dots i_k}$, $y = \frac{1}{k+1}$ $\Big($tout H_{i_1} sera en particulier attaché à H le long de l'intervalle $\alpha_{i_1} < x < \beta_{i_1}$, $y = \frac{1}{2}\Big)$.

En effectuant cette opération pour toute combinaison de nombres naturels k, i_1, i_2, ..., i_k, l'ensemble de tous nos rectangles devient une surface de Riemann ouverte R, qui est d'ailleurs simplement connexe.

Soit $w = f(z)$ une fonction analytique réalisant une représentation conforme de R sur l'intérieur du cercle $|z| = 1$. Cette fonction se laisse développer en une série entière convergente pour $|z| < 1$.

Considérons maintenant la « frontière » F de la surface ouverte R, c'est-à-dire l'ensemble de tous les points de $P + P'$ (sur l'axe Ox), et de tous les points appartenant aux parties non utilisées des contours de H et des $H_{i_1 i_2 \dots i_k}$. On voit de suite que l'ensemble est constitué de ceux, parmi les points de F, qui, en appartenant à l'axe Ox, sont accessibles à partir de R par des lignes de Jordan sans points multiples. Or, il est facile de démontrer (en tenant compte du célèbre théorème de M. Fatou) que ce dernier ensemble coïncide avec l'ensemble $M_{f,x}$, ce qui démontre cette assertion.

Remarque. — On voit aisément (¹) que, quelle que soit la surface de Riemann ouverte R^*, l'ensemble N^* des points accessibles de sa frontière est toujours un ensemble (A). Comme l'ensemble N^* coïncide avec l'ensemble M_{f^*} [où $f^*(z)$ est une fonction analytique réalisant une représentation conforme de R^* sur $|z| < 1$], on peut énoncer le résultat suivant :

Quelle que soit la série entière $f(z)$ ayant le cercle $|z| = 1$ pour son cercle de convergence, l'ensemble M_f de valeurs prises par $f(z)$ sur $|z| = 1$ est toujours un ensemble (A), *pouvant être non mesurable* (B) (²).

(¹) Par des méthodes analogues à celles qui se trouvent exposées dans l'article de l'auteur *Sur les points accessibles des ensembles fermés* (*Proceedings de l'Académie Royale d'Amsterdam*, 28, X, séance du 28 novembre 1925, p. 984-993).

(²) Le fait que M_f est toujours un ensemble (A) résulte aussi des considérations analytiques suivantes :

Supposons que $f(z)$ tende vers w_0 le long d'un chemin de Jordan quelconque aboutissant au point $z_0 = e^{i\varphi\Omega}$ et situé, à son extrémité z_0 près, à l'intérieur du cercle $|z| = 1$. On démontre d'abord que $f(z)$ tend, dans ces conditions, toujours vers w_0 si z est assujetti à suivre un chemin zz_0 quelconque non tangent à la périphérie (résultat

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application des fonctions universelles de M. A. Korn.* Note [1] de M. N. **Gunther**, transmise par M. Hadamard.

1. Supposons que dans le domaine (D) on prenne arbitrairement les domaines (ω). Désignons par ω les volumes des (ω) et par σ leurs surfaces.

Attachons à chaque domaine (ω) un nombre $u^{(\omega)}$ et convenons de dire que l'ensemble des nombres $u^{(\omega)}$ définit une quasi-fonction u.

2. Nous nous bornons à la considération des quasi-fonctions qui satisfont aux conditions suivantes :

Si le domaine (ω) est divisé en deux domaines (ω_1) et (ω_2), on a

$$u^{(\omega)}\omega = u^{(\omega_1)}\omega_1 + u^{(\omega_2)}\omega_2, \tag{I}$$

$$-k < u^{(\omega)}. \tag{II}$$

Décomposons (D) en n domaines (ω_i) et formons la somme

$$\sum_1^n \psi(\xi_i, \eta_i, \zeta_i)\, u^{(\omega_i)}\omega_i, \tag{1}$$

(ξ_i, η_i, ζ_i) étant un point dans (ω_i). Il est aisé de démontrer que (1) a une limite déterminée quand $n \to \infty$ et que les domaines (ω_i) tendent vers zéro uniformément. Nous désignons la limite de (1) par

$$\int_{(D)} \psi u \, d\omega \tag{2}$$

et nous la nommons quasi-intégrale. Dans le cas où le domaine (D) est à une dimension, la quasi-intégrale (2) est l'intégrale de Stieltjes, si $k = 0$.

3. Si la quasi-fonction u satisfait à la nouvelle condition

$$u^{(\omega)} < k, \tag{III}$$

on démontre que :

1° La fonction continue ψ dans (2) peut être remplacée par une fonction intégrable et bornée.

---

de M. Montel généralisé par M. Stepanoff). On peut donc prendre, pour ce dernier chemin, le rayon $\varphi = \varphi_0$. Il en résulte immédiatement que l'ensemble M_f coïncide avec l'ensemble des valeurs-limite de $f(re^{i\varphi})$ pour $r \to 1$. Ce dernier ensemble étant évidemment l'ensemble des valeurs d'une fonction représentable analytiquement, il est, d'après les résultats de M. Lusin, un ensemble A. C. Q. F. D.

(1) Séance du 27 septembre 1926.

2° La somme

$$\sum_{1}^{n} p(\xi_i, \eta_i, \zeta_i)\,(u^{(\omega_i)})^2 \omega_i, \tag{3}$$

p étant une fonction bornée, intégrable et positive, a une limite déterminée si l'on augmente le nombre des domaines (ω_i) en les divisant.

3° Quelle que soit une suite orthogonale, normale et fermée de fonctions fondamentales :

$$V_1, \quad V_2, \quad \ldots, \quad V_k, \quad \ldots, \tag{4}$$

répondant au domaine (D) et à la fonction p, on a

$$\int_{(D)} p\,\theta^2 u^2\, d\omega = \sum_{1}^{\infty} B_k^2, \qquad B_k = \int_{(D)} p\,\theta\, V_k\, u\, d\omega, \tag{5}$$

θ étant une fonction bornée et intégrable, et

$$\int_{(D_0)} p\,\theta\varphi\, u\, d\omega = \sum_{1}^{\infty} B_k C_k, \qquad C_k = \int_{(D_0)} p\,\varphi\, d\omega, \tag{6}$$

si l'intégrale et la quasi-intégrale

$$\int_{(D)} \varphi^2\, d\omega, \qquad \int_{(D)} p\,\theta\varphi\, u\, d\omega$$

ont un sens ; (D_0) est une partie de (D).

4. Si u répond aux conditions (I), (II), (III), la quasi-intégrale

$$\int_{(D)} \frac{u}{r}\, d\omega, \qquad r^2 = (\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + (\zeta - z)^2, \qquad d\omega = d\xi\, d\eta\, d\zeta \tag{7}$$

a un sens, si on la définit à la manière ordinaire comme limite d'une quasi-intégrale de la forme (2).

La quasi-intégrale (7) est une fonction $F(x, y, z)$ continue avec ses premières dérivées dans l'espace tout entier, qui est harmonique à l'extérieur de (D) et se comporte à l'infini comme un potentiel. On a, en outre, si (ω) est dans (D) :

$$\frac{1}{\omega} \int_{(\sigma)} \frac{dF}{dn}\, d\sigma = -4\pi u^{(\omega)}. \tag{8}$$

5. Supposons la fonction f continue dans (D) avec ses dérivées premières ;

supposons que f' étant une de ces dérivées, on ait

$$|f'_{M_1} - f'_{M_2}| < A h, \tag{9}$$

h étant la distance entre les points M_1 et M_2 et A un nombre déterminé. Si l'on pose

$$u^{(\omega)} = -\frac{1}{4\pi\omega}\int_{(\sigma)} \frac{df}{dn}\,d\sigma, \tag{10}$$

on trouve à l'intérieur de (D) :

$$\int_{(D)} \frac{u}{r}\,d\omega = f - \frac{1}{4\pi}\int_{(S)} \frac{df}{dn}\,\frac{d\sigma}{r} - \frac{1}{4\pi}\int_{(S)} f\,\frac{\cos(rN)}{r^2}\,d\sigma. \tag{11}$$

6. Si f est continue avec ses dérivées premières dans l'espace tout entier et si f est harmonique à l'extérieur de (D) et se comporte à l'infini comme un potentiel, on a

$$\int_{(D)} \frac{u}{r}\,d\omega = f. \tag{11'}$$

On tire de là, en utilisant (5) et (6) :

$$f = \sum_1^\infty A_k V_k, \qquad A_k = \int_{(D)} p\,f\,V_k\,d\omega, \tag{12}$$

$$\int_{(\sigma)} \frac{df}{dn}\,d\sigma = \sum_1^\infty A_k \int_{(\sigma)} \frac{dV_k}{du}\,d\sigma, \tag{13}$$

si les fonctions (4) sont les fonctions universelles de M. A. Korn.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les propriétés géométriques fondamentales des ensembles plans de points linéairement mesurables.* Note [1] de M. **A.-S. Besicovitch**, transmise par M. Émile Borel.

1. Les ensembles plans de la mesure linéaire finie constituent une classe d'ensembles plans, qui comprend comme sous-classe toutes les courbes rectifiables. *Nous appellerons de tels ensembles des ensembles de Carathéodory.*

2. Soit A un ensemble mesurable de points et a un point quelconque

[1] Séance du 30 août 1926.

de plan, appartenant où non à A, représentons par $c(a, r)$ le cercle de centre a et de rayon r; nous écrirons [1]

$$\limsup_{r\to 0} \frac{L[A\times c(a, r)]}{2r} = D^*(a, A), \qquad \liminf_{r\to 0} \frac{L[A\times c(a, r)]}{2r} = D_*(a, A),$$

$D^*(a, A)$, $D_*(a, A)$ s'appelleront *les densités supérieure et inférieure de l'ensemble* A *au point* a. Si $D^*(a, A)$ et $D_*(a, A)$ sont égaux nous représenterons leur valeur commune par $D(a, A)$ que nous appellerons *la densité de l'ensemble* A *au point* a.

Tout point a de l'ensemble A, tel qu'en ce point la densité $D(a, A)$ existe et est égale à 1, sera appelé *point régulier de l'ensemble* A. Tout autre point de A *sera un point irrégulier*. Si presque tous les points de A sont réguliers, l'ensemble sera dit régulier; si presque tous les points de A sont irréguliers nous appellerons A ensemble irrégulier.

3. Nous savons que tout ensemble mesurable de points en ligne droite est un ensemble régulier. Cela n'est pas vrai dans le cas général d'un ensemble de Carathéodory pour lequel nous allons énoncer les résultats principaux suivants.

Théorème I. — *En presque tous les points d'un ensemble* A *de Carathéodory*

$$\frac{1}{2} \leqq D^*(a, A) \leqq 1 \qquad \text{et} \qquad 0 \leqq D_*(a, A) \geqq 1.$$

Les limites sont les meilleures possibles, car il existe des ensembles de mesure positive pour lesquels les inégalités doivent être remplacées par les égalités en presque tous les points.

Théorème II. — *En presque tous les points a extérieurs à un ensemble* A *de Carathéodory* $D(a, A) = 0$.

Théorème *de décomposition*. — *L'ensemble de tous les points réguliers d'un ensemble de Carathéodory est un ensemble régulier, celui de tous les points irréguliers est un ensemble irrégulier.*

Soit a un point d'un ensemble mesurable A tel que $D^*(a, A) > 0$, TT' une droite passant par a; $t_1 t'_1$, $t_2 t'_2$ deux droites passant par a faisant les augles $\frac{\alpha}{2}$, $-\frac{\alpha}{2}$ $(0 < \alpha < \pi)$ avec TT'. Appelons (α) la partie du plan intérieure aux angles $t_1 a t_2$, $t'_1 a t'_2$.

Nous disons que TT' *est tangente à* A *au point a si pour toute valeur arbi-*

---

[1] LA représente la mesure linéaire de l'ensemble plan A.

trairement petite de a, on a :

$$D[a, A - A \times (a)] = 0.$$

Cette définition est une généralisation de celle que j'ai donnée pour la tangente à une courbe $y = f(x)$ (¹).

5. Dans ce travail, je démontre les théorèmes suivants :

Théorème I. — *En presque tous les points réguliers d'un ensemble de Carathéodory il y a une tangente à l'ensemble ; il n'y en a pas en presque tous les points irréguliers.*

Théorème II. — *Autour de presque tout point irrégulier d'un ensemble* A *de Carathéodory, les directions angulaires des points de l'ensemble voisin sont denses dans l'intervalle total* $(-\pi, +\pi)$ *des directions angulaires;* a fortiori *pour une direction quelconque* TT' *et pour des valeurs arbitrairement petites de* α *on a* $D^*[a, A \times (\alpha)] > 0$.

Je démontre aussi les deux théorèmes suivants sur la structure générale des ensembles de Carathéodory :

Théorème I. — *A un ensemble régulier* A *et un nombre positif* ε *quelconques, on peut faire correspondre un ensemble fini ou dénombrable de courbes rectifiables, de mesure totale* $< LA + \varepsilon$ *qui contient presque tous les points de* A.

Théorème II. — *A un ensemble irrégulier quelconque* A *correspond un ensemble fini ou dénombrable de courbes de Jordan d'un type spécial, qui contient presque tous les points de* A.

Le théorème I ci-dessus nous permet de démontrer le théorème suivant sur les projections « d'arcs infiniment petits » d'un ensemble régulier.

Théorème III. — *Pour presque tous les points réguliers* a *d'un ensemble de Carathéodory* A *la projection de l'ensemble* $A + c(a, r)$ *sur une direction quelconque est asymptotiquement égale quand* $r \to 0$ *à la projection du diamètre du cercle* $c(a, r)$ *tangent à* A *en* a.

Il n'existe aucune proposition analogue pour les points irréguliers. Par un ensemble de mesures positives dont la projection sur une ligne quelconque est toujours nulle, je donne un exemple des anomalies que l'on rencontre dans le cas d'ensembles irréguliers.

6. Prenons une autre définition de la mesure d'un ensemble A ; suppo-

---

(¹) A. Besikowitsch, *Diskussion der stetigen Funktionen im Zusammenhang mi der Frage über ihre Differentiierbarkeit I.* (*Bull. de l'Acad. des Sc. de Russie*, 6ᵉ série, **19**, 1925, p. 97-122).

sons que dans la définition de la mesure de Carathéodory, nous prenions seulement des cercles au lieu d'aires convexes arbitraires U. Soit L_c la valeur de la mesure d'après cette définition. Nous avons le théorème :

Théorème. — *Pour les ensembles réguliers* $L_c A = L A$; *pour les ensembles irréguliers* $LA \leqq L_c A \leqq \frac{2}{\sqrt{3}} LA$ *et les deux limites peuvent être atteintes.*

La grande similitude entre les courbes rectifiables et les ensembles réguliers et la profonde dissemblance avec les ensembles irréguliers montrent qu'une généralisation de la classe de courbes rectifiables est réalisée par la classe d'ensembles réguliers et non par celle de tous les ensembles de Carathéodory; *tout au contraire courbes rectifiables et ensembles irréguliers sont entièrement dissemblables.*

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur certains mouvements irrotationnels des liquides visqueux.* Note (¹) de M. **Alfred Rosenblatt.**

1. Envisageons le mouvement dans l'espace d'un liquide visqueux compressible ou non. L'effort Φ_n qui s'exerce sur un élément de normale n du côté positif de cette normale est donné par la formule vectorielle

$$\Phi_n = -p\bar{n} + 2\mu \frac{d\bar{v}}{dP}\bar{n} - \mu(\text{rot}\,\bar{v}) \wedge \bar{n} - \frac{2}{3}\mu\theta\bar{n}, \tag{1}$$

$\frac{d\bar{v}}{dP}$ est l'homographie des vitesses, θ la dilatation. Supposons le fluide irrotationnel et soit φ le potentiel de vitesses

$$u = \varphi_x, \quad v = \varphi_y, \quad w = \varphi_z. \tag{2}$$

Envisageons les surfaces équipotentielles et dirigeons n du côté des φ croissants.

Désignons par q la vitesse $\sqrt{\varphi_x^2 + \varphi_y^2 + \varphi_z^2}$. On trouve pour les composantes du second membre de l'expression qui figure à droite dans (1)

$$\frac{du}{dn} = q_x, \quad \frac{dv}{dn} = q_y, \quad \frac{dw}{dn} = q_z. \tag{3}$$

2. Supposons que la composante tangentielle de Φ_n soit nulle. On a alors la proportion

$$q_x : q_y : q_z = \varphi_x : \varphi_y : \varphi_z, \tag{4}$$

(¹) Séance du 6 septembre 1926.

donc q est fonction de φ et nous avons l'équation aux dérivées partielles

$$\varphi_x^2 + \varphi_y^2 + \varphi_z^2 - F(\varphi) = 0. \tag{5}$$

Posons

$$\Phi = \int \frac{d\varphi}{\sqrt{F(\varphi)}}, \tag{6}$$

on a l'intégrale complète (a, b, d étant des constantes d'intégration)

$$\Phi = ax + by + \sqrt{1 - a^2 - b^2}\,z + d, \tag{7}$$

L'intégrale générale égalée à une constante

$$\Phi(x, y, z) = C \tag{8}$$

donne une famille de surfaces parallèles, on a en effet

$$\frac{d\Phi}{dn} = 1. \tag{9}$$

Nous avons donc le résultat :

Théorème I. — *Les surfaces équipotentielles du mouvement d'un liquide visqueux irrotationnel dans lequel l'effort est normal à ces surfaces, sont des surfaces parallèles. Les lignes de flux sont les normales communes de ces surfaces.*

Supposons maintenant le fluide incompressible; on a

$$\Delta\varphi = 0, \tag{10}$$

donc on a, entre deux surfaces F_1, F_2 équipotentielles, la relation

$$q_1\, dS_1 = q_2\, dS_2, \tag{11}$$

dS_1, dS_2 étant deux éléments de surfaces qui se correspondent par les normales.

Choisissons comme lignes paramétriques u, v des surfaces F les lignes de courbure qui se correspondent par les normales. Le rapport

$$\frac{E_2 G_2}{E_1 G_1} \tag{12}$$

est indépendant de u, v; E, G désignent les grandeurs fondamentales. Mais

$$E_2 = E_1 - 2dL_1 + d^2 e, \qquad G_2 = G_1 - 2dN_1 + d^2 g, \tag{13}$$

L, N, e, g étant les grandeurs fondamentales connues, et d désignant la distance des deux surfaces. Il s'ensuit que les deux courbures, moyenne H

et gaussienne K, sont constantes :

$$(14)\qquad H = C, \qquad K = C.$$

Donc les rayons de courbure principaux de chacun des deux systèmes de courbure sont constants. D'après un théorème de O. Bonnet les surfaces sont des sphères, et, si les rayons de courbure sont infinis, des cylindres circulaires ou des plans.

Nous pouvons donc énoncer le résultat :

Théorème II. — *Si le liquide auquel s'applique le théorème I est incompressible, les surfaces équipotentielles appartiennent à une des trois familles suivantes :* 1° *sphères concentriques,* 2° *cylindres circulaires coaxiaux,* 3° *plans parallèles.*

3. Les résultats établis pour l'espace ont, *unitatis unitandis*, leur analogue dans le plan.

On a alors

$$(15)\qquad \frac{\partial u}{\partial n} = \frac{\partial q}{\partial x}, \qquad \frac{\partial v}{\partial n} = \frac{\partial q}{\partial y},$$

q étant la valeur absolue de la vitesse, et la normale étant dirigée du côté des φ croissants.

Donc l'effort qui s'exerce sur les courbes $\varphi = C$ est normal à ces courbes, si q est fonction de φ. φ satisfait donc à l'équation

$$(16)\qquad \varphi_x^2 + \varphi_y^2 - F(\varphi) = 0.$$

Les courbes $\varphi = C$ sont donc des courbes parallèles et les lignes de courant sont les normales communes de ces courbes. Par suite :

Théorème III. — *Si l'effort agissant sur les courbes équipotentielles d'un liquide visqueux plan est normal à ces courbes, ces courbes sont parallèles et les lignes de flux sont leurs normales communes.*

Supposons le fluide incompressible. L'équation (10) entraîne la constance du rapport $ds_2 : ds_1$ des éléments correspondants des courbes équipotentielles. Il s'ensuit que les courbes équipotentielles sont des cercles concentriques ou des droites parallèles, résultat que nous avions établi antérieurement.

MAGNÉTISME. — *La structure de l'aimant atomique. La rotation et le renversement du multiplet.* Note [1] de M. **R. Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai montré [2] que l'hypothèse des multiplets et de leurs positions normales a reçu une confirmation par l'évaluation qu'elle permet de la grandeur de l'aimantation rémanente.

La position normale est par définition une position stable, elle est nécessairement symétrique par rapport au réseau. Le nombre des positions normales possibles varie suivant l'espèce du multiplet et sa position dans le réseau. Il y en a 12 ou 6 dans le nickel suivant que la résultante du doublet coïncide avec un axe binaire ou avec un axe quaternaire. Le triplet symétrique du fer a 8 positions normales, le triplet dissymétrique en a 24. La position normale doit être altérée par les déformations du réseau causées par des tensions intérieures et par des défauts d'homogénéité, notamment dans les couches de passage entre des réseaux d'orientations différentes et des parties du même réseau différemment aimantées.

J'ai admis que sous l'action d'un champ faible le multiplet est capable de tourner sans déformation sensible. Cette rotation donne la *susceptibilité réversible* dans les limites du cycle d'hystérèse. On se rend compte facilement que la susceptibilité réversible doit être plus faible au point $I = I_R$, $H = 0$ (I_R aimantation rémanente) qu'au point $I = 0$, $H = 0$. C'est bien ce que donne l'expérience.

J'ai attribué la variation irréversible de l'aimantation du nickel spécial au renversement d'un seul des moments du doublet, renversement que j'appellerai de première espèce. Ici je vais démontrer l'existence d'une autre variation irréversible (*renversement par rotation* ou de deuxième espèce); sous l'influence d'un champ extérieur, le multiplet tourne et quand sa résultante franchit la ligne d'instabilité qui existe entre deux positions normales elle subit une rotation finie. Par ce mécanisme ou par sa répétition la résultante prend une orientation voisine de celle du champ. La grandeur du champ critique nécessaire variera avec l'orientation du cristal élémentaire par rapport à la direction du champ. Il en résulte la courbure

---

(1) Séance du 27 septembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1272, 1530, et **183**, 1926, p. 121.

caractéristique de la branche irréversible du cycle. Il est probable que ce renversement de deuxième espèce domine dans les métaux ferromagnétiques recuits.

Le mécanisme de ce renversement dans un cristal élémentaire est alors le suivant : Le champ critique est plus élevé dans la substance indéfinie que dans la couche de passage séparant une région dans laquelle l'aimantation est déjà renversée de celle où elle a la direction primitive. Sous l'action d'un champ compris entre les deux champs critiques, l'aimantation se propage alors par déplacement de la couche de passage. Si l'on admet qu'une certaine agitation, provoquée par le renversement d'une couche, soit capable d'augmenter momentanément le champ critique minimum, la propagation du renversement se fait lentement (cycle lent, viscosité magnétique). Au contraire le renversement se fait instantanément par un champ supérieur au champ critique de la substance indéfinie (cycle instantané).

La susceptibilité initiale, c'est-à-dire la facilité de rotation réversible du multiplet, varie avec l'état de recuit. Mais dans un même métal les lignes d'instabilité se présentent sous les mêmes angles. Elles sont donc atteintes pour des champs moindres dans des substances de grande susceptibilité réversible. Et en effet l'expérience montre que le champ coercitif est d'autant plus petit que la susceptibilité réversible est plus grande (aciers, fers, permalloy).

Donc, en résumé, dans un champ positif intense le multiplet est fermé (aimantation à saturation). Pendant la décroissance du champ intense le multiplet s'ouvre et l'aimantation s'approche de la valeur de la résultante. Quand le champ faible tend vers zéro le multiplet tend à occuper la position normale la plus voisine (aimantation rémanente). Un champ négatif faible fait tourner les multiplets : l'aimantation diminue encore. Lorsque les lignes d'instabilité sont franchies les multiplets sont renversés par rotation (région de variation rapide) : l'aimantation devient négative. Les champs négatifs croissant, les résultantes prennent la direction du champ, puis le champ devenant très intense les constituants des multiplets se rapprochent de nouveau.

Ces mécanismes auxquels j'ai rapporté les différentes régions des cycles doivent se répercuter sur les phénomènes dépendant de l'aimantation (par exemple sur la résistance électrique) et l'étude de ceux-ci doit permettre de contrôler les idées directrices.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur un appareil pour la conduite automatique des fours.* Note de M. VERNEY, présentée par M. Paul Janet.

On peut avoir souvent besoin de conduire un four suivant une série de températures déterminées en fonction du temps. L'appareil que j'ai construit répond à ce besoin.

Une planchette sur laquelle on a dessiné, en fonction du temps, la courbe des températures du four, matérialisée par un ruban en cuivre rouge, facilement malléable, placé de champ sur la planchette (épaisseur du cuivre $0^{mm},5$, largeur 5^{mm} environ) se déplace d'un mouvement continu et uniforme sur deux règles en laiton.

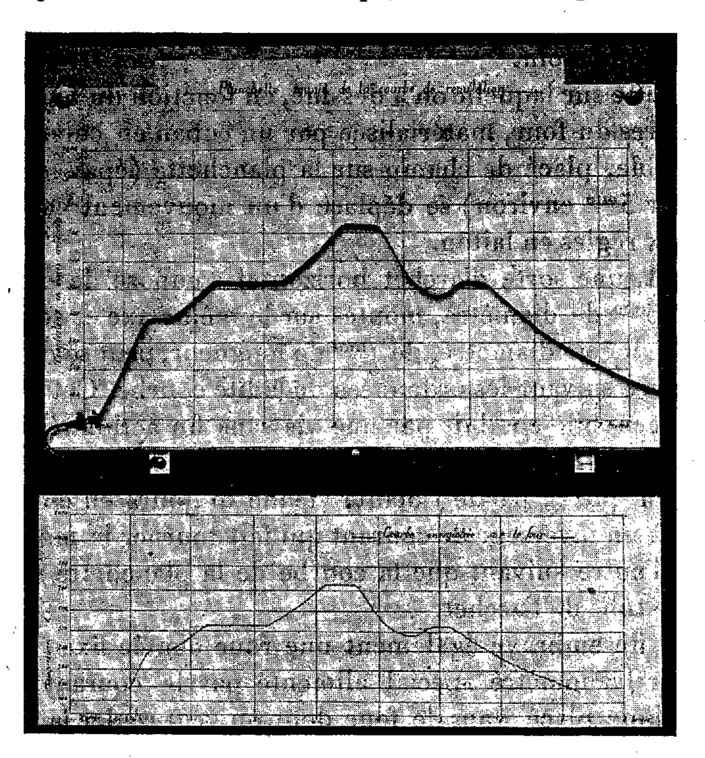
D'autre part, une sorte d'archet horizontal composé de deux tubes en cuivre de 5 à 6^{mm} de diamètre, montés sur le même axe et séparés par un petit isolant de même diamètre, de 1^{mm} de longueur, peut se déplacer sur la courbe en cuivre suivant les ordonnées de ladite courbe. Cet archet est mû par un chariot mobile conduit par une vis sans fin actionnée par un petit moteur électrique; la courbe en cuivre et les tubes de l'archet sont connectés de façon que la partie isolante vienne toujours en contact avec la courbe grâce à un inverseur de courant qui fait tourner le moteur dans un sens ou dans l'autre suivant que la courbe de la planchette vient toucher l'un ou l'autre tube de l'archet.

La vis sans fin embraye également une roue dentée fixée sur la tête de torsion d'un galvanomètre spécial alimenté par le courant d'un couple thermo-électrique placé dans le four dont on veut régler la température. Le galvanomètre est spécial en ce que le cadre galvanométrique recevant le courant du couple possède en plus deux enroulements indépendants du premier, ayant un point commun et recevant alternativement le courant d'une pile; ces enroulements ont pour but d'une part d'assurer les contacts grâce aux efforts électromagnétiques exercés par le champ des aimants du galvanomètre sur le courant traversant l'un ou l'autre de ces enroulements, d'autre part de déterminer les mouvements d'un relais permettant de régler la température du four par augmentation ou diminution de chaleur.

Par suite du mouvement d'avancement de la planchette en fonction du temps, la courbe quittera la partie isolante de l'archet et viendra toucher l'un des tubes de cuivre; le moteur électrique menant la vis sans fin se mettra en marche de façon à ramener sur la courbe la partie isolante de

l'archer; mais cette vis sans fin fait tourner aussi la tête de torsion du galvanomètre qui prend ainsi la position correspondant à la température déterminée par l'ordonnée de la courbe.

On arrive ainsi à reproduire complètement la suite des températures qu'on s'est imposée en fonction du temps, comme l'indique à titre d'exemple



la figure ci-dessus dans laquelle la courbe supérieure représente la courbe des températures à obtenir, matérialisée au moyen du ruban de cuivre, et la courbe inférieure la variation réelle des températures relevées au moyen d'un thermomètre enregistreur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouvelles réactions de l'oxyde de cyclohexène.* Note de M. **Pierre Bedos**, présentée par M. Moureu.

On sait depuis les travaux de Wurtz que le cycle triatomique de l'oxyde d'éthylène constitue un édifice moléculaire peu stable et que cette chaîne possède une aptitude très marquée à la décyclisation. C'est ainsi que, d'une manière tout à fait générale, les oxydes d'éthylène fixent facilement l'eau,

les hydracides, l'ammoniac, etc., pour donner naissance respectivement à des glycols, à des halohydrines, à des amino-alcools, etc. Ayant en vue certaines recherches à partir d'éthers-oxydes des cyclohexanols ortho-halogénés, nous nous sommes demandé si les halogénures alcooliques ne réagiraient pas sur l'oxyde de cyclohexène pour donner naissance à ces composés, si, par exemple, l'action de l'iodure de méthyle ne fournirait pas le méthoxy-2-iodo-1-cyclohexane

$$\begin{array}{c} CH^2 \\ H^2C \quad CH \\ \qquad\qquad >O \\ H^2C \quad CH \\ CH^2 \end{array} + CH^3I \rightarrow \begin{array}{l} \quad CH^2 \\ H^2C \quad CH-O-CH^3 \\ H^2C \quad CH-I \\ \quad CH^2 \end{array}$$

De même, nous nous sommes demandé si les halogénures d'acides ne réagiraient pas également sur l'oxyde de cyclohexène pour donner naissance aux éthers-sels des cyclohexanols ortho-halogénés

$$\begin{array}{c} CH^2 \\ H^2C \quad CH \\ \qquad\qquad >O \\ H^2C \quad CH \\ CH^2 \end{array} + CH^3COCl \rightarrow \begin{array}{l} \quad CH^2 \\ H^2C \quad CH-O-CO-CH^3 \\ H^2C \quad CH-Cl \\ \quad CH^2 \end{array}$$

Action des halogénures alcooliques sur l'oxyde de cyclohexène. — Les halogénures alcooliques réagissent assez aisément sur l'oxyde de cyclohexène en donnant lieu normalement à la réaction formulée ci-dessus ; il suffit pour cela de chauffer en tubes scellés les produits à faire réagir en employant un léger excès d'halogénure. La température optima varie évidemment avec la nature de l'halogénure : pour les iodures de méthyle et d'éthyle, il convient d'opérer vers 150-160° pendant 48 heures ; pour les bromures d'éthyle et de propyle, vers 180-190° pendant 48 heures ; le chlorure d'isobutyle ne se condense pas vers 200-210°. Pour isoler l'éther, il suffit de soumettre le produit brut à une série de distillations fractionnées dans le vide.

Nous avons pu obtenir par cette méthode les cyclohexanols alcoxylés et halogénés qui suivent.

Méthoxy-2-iodo-1-cyclohexane $C^6H^{10}\!<\!\begin{array}{l} OCH^3 \\ I \end{array}$. — Liquide incolore, mobile, $E_{13} = 101°$, $D^{25}_{25} = 1,5929$, $n^{25}_D = 1,53398$ (R. M. calculée pour $C^7H^{13}OI$: 46,97 ; trouvée : 46,83).

Éthoxy-2-iodo-1-cyclohexane $C^6H^{10}\!<\!\begin{array}{l} OC^2H^5 \\ I \end{array}$. — Liquide incolore, mobile,

$E_{15} = 110°$, $D_{25}^{25} = 1,5020$, $n_D^{25} = 1,52063$ (R. M. calculée pour $C^8H^{15}OI$: 51,57 ; trouvée : 51,47).

Ces deux composés avaient déjà été obtenus par M. Brunel [1] en faisant agir l'iode et l'oxyde jaune de mercure sur le cyclohexène en solution dans l'alcool méthylique ou éthylique.

Éthoxy-2-bromo-1-cyclohexane $C^6H^{10}\langle{}^{OC^2H^5}_{Br}$. — Liquide incolore, mobile, $E_9 = 80°$, $D_{25}^{25} = 1,2738$, $n_D^{25} = 1,48035$ (R. M. calculée pour $C^8H^{15}OBr$: 46,38 ; trouvée : 46,19).

Propyloxy-2-bromo-1-cyclohexane $C^6H^{10}\langle{}^{OC^3H^7}_{Br}$. — Liquide incolore, mobile, $E_{14} = 103\text{-}104°$, $D_{25}^{25} = 1,2330$, $n_D^{25} = 1,47782$ (R. M. calculée pour $C^9H^{17}OBr$: 50,98 ; trouvée : 50,71).

Action des halogénures d'acides sur l'oxyde de cyclohexène. — Les halogénures d'acides réagissent énergiquement sur l'oxyde de cyclohexène dès la température ordinaire en donnant lieu à la réaction formulée ci-dessus ; il suffit pour cela d'ajouter par petites portions l'halogénure dans l'oxyde de cyclohexène, en maintenant la température vers 10 à 20°. La réaction est particulièrement vive avec le bromure d'acétyle. Ensuite, on laisse la réaction se poursuivre pendant une dizaine d'heures, à l'abri de l'humidité. Pour séparer l'éther pur, il suffit de soumettre le produit brut à une série de distillations fractionnées dans le vide.

Nous avons pu préparer à l'aide de cette réaction les éthers suivants :

Acétate d'ortho-chlorocyclohexanol $C^6H^{10}\langle{}^{O-CO-CH^3}_{Cl}$. — Liquide mobile, incolore ; odeur générale des éthers acétiques ; $E_{11} = 95\text{-}96°$; $D_{25}^{25} = 1,1182$; $n_D^{25} = 1,46195$ (R. M. calculée pour $C^8H^{13}O^2Cl$: 43,64 ; trouvée : 43,39).

Propionate d'ortho-chlorocyclohexanol $C^6H^{10}\langle{}^{O-CO-C^2H^5}_{Cl}$. — Liquide mobile, incolore ; odeur analogue à celle de l'acétate ; $E_{11} = 106\text{-}107°$; $D_{25}^{25} = 1,0835$; $n_D^{25} = 1,45965$ (R. M. calculée pour $C^9H^{15}O^2Cl$: 48,24 ; trouvée : 48,12).

Acétate d'ortho-bromocyclohexanol $C^6H^{10}\langle{}^{O-CO-CH^3}_{Br}$. — Liquide mobile, incolore lorsqu'il vient d'être distillé ; odeur ressemblant à celle des éthers précédents, mais légèrement désagréable ; il bout sans décomposition à 109-110° sous 11mm de mercure, mais s'altère assez rapidement sous l'influence de l'air et de la lumière en se colorant fortement d'abord en bleu, puis en brun ; $D_{25}^{25} = 1,3603$; $n_D^{25} = 1,48336$ (R. M. calculée pour $C^8H^{13}O^2Br$: 46,57 ; trouvée : 46,43).

---

(1) Brunel, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1905, p. 26.

En outre, espérant obtenir le composé de formule $C^6H^{10}<^{OH}_{NH-OH}$, nous avons essayé de faire réagir l'hydroxylamine sur l'oxyde de cyclohexène. En fait l'hydroxylamine libre, en solution dans l'alcool méthylique absolu, réagit bien sur l'oxyde de cyclohexène à la température d'ébullition du solvant, mais le produit obtenu, incristallisable, ne résiste pas à la distillation dans le vide; par suite, son étude n'a pas pu être poursuivie. L'étude de cette réaction sera reprise dans le cas d'oxydes d'éthylène moins condensés en carbone.

Les composés décrits ci-dessus peuvent exister sous deux formes stéréo-isomériques.

MINÉRALOGIE. — *L'analyse thermique des chlorites.* Note [1] de M. J. **Orcel**, présentée par M. F. Wallerant.

Dans deux publications antérieures [2] j'ai indiqué un procédé de détermination des températures de départ de l'eau dans les silicates hydratés, par calcination dans le vide, et je l'ai appliqué à l'étude de la déshydratation de quelques chlorites. Avant de continuer ces recherches, il m'a paru utile de soumettre ces minéraux à l'analyse thermique différentielle à l'aide du galvanomètre double enregistreur de Saladin-Le Chatelier, pour comparer ultérieurement entre eux les résultats fournis par les deux méthodes. Le départ de l'eau dans les chlorites est accompagné d'une absorption de chaleur dont l'importance n'est pas toujours la même à chaque température de départ. On peut alors à ce point de vue classer de la façon suivante les phénomènes thermiques qu'elles présentent.

1° *Un seul phénomène endothermique net vers* 600°. — Pennine de Zermatt (courbe I); clinochlore de West Chester, Pennsylvanie; leuchtenbergite de Zlatoust, Oural; clinochlore de la Besafotra, Madagascar (courbe II); corundophyllite de Chester, Massachusetts.

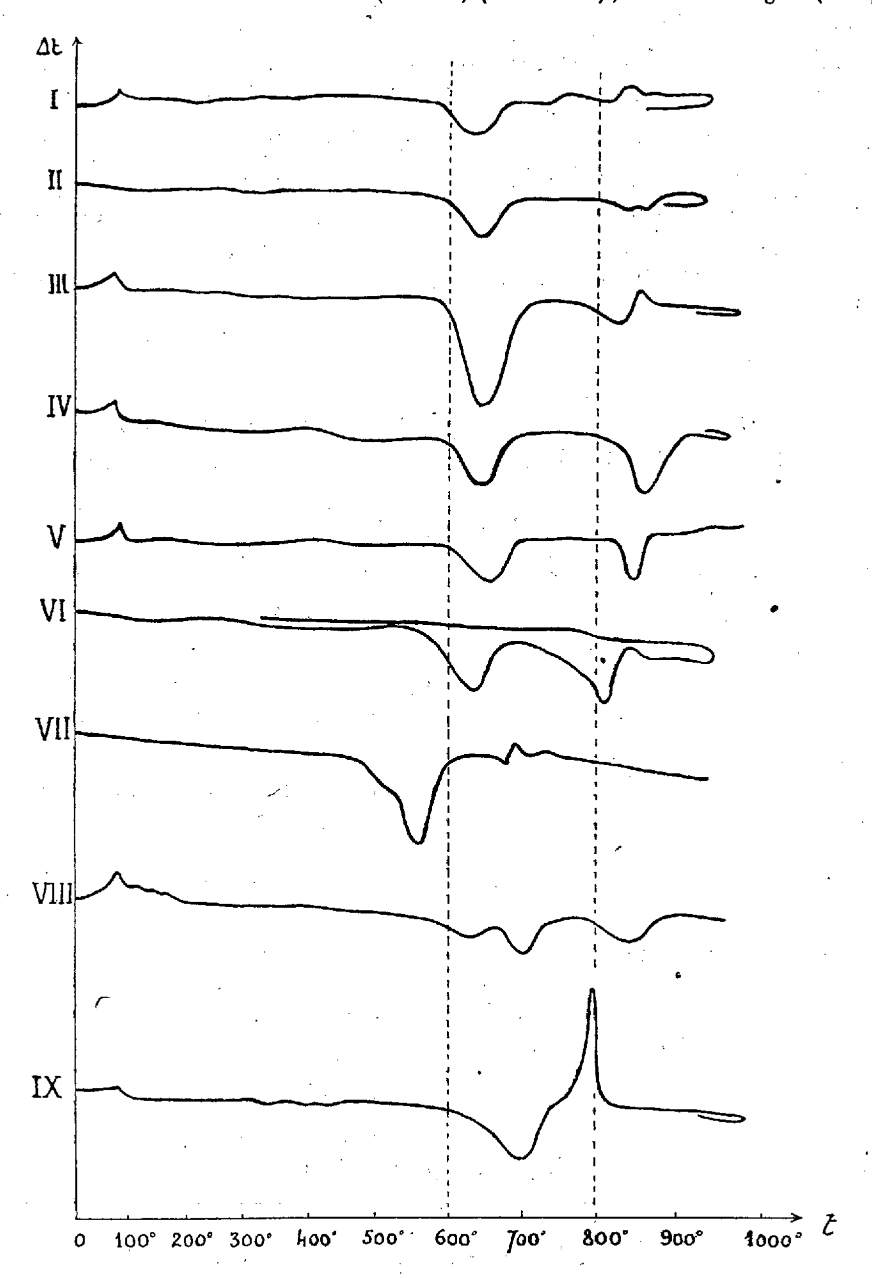
2° *Phénomènes endothermiques inégaux vers* 600° *et* 800°, *le plus important ayant toujours lieu vers* 600°. — Sheridanite du Northern Wyoming; grochauite, Corundum Hill mine, Macon Cy; prochlorite-clinochlore d'Ampatsinjovana, Madagascar; clinochlore d'Achmatovsk (Oural) (courbe III).

---

(1) Séance du 27 septembre 1926.

(2) J. Orcel, *Sur la détermination des températures de départ de l'eau dans les silicates* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1056, et *Comptes rendus du* 58e *Congrès des Sociétés savantes*, *Section des Sciences*, Paris, 1925, p. 200).

3° *Phénomènes endothermiques de même importance vers* 600° *et* 800°. — Chlorite blanche de la vallée de Comberousse (Savoie) (courbe V); leuchtenbergite (rumpfite)



de Saint-Michaëls (Styrie); grochauites de Madison Cy (courbe IV) et de Leydsdorp (Transvaal).

4° *Phénomènes endothermiques à d'autres températures.* — Les chlorites chromifères (kotschubéite de Patevi, Togo; d'Ufaleïsk, Oural; et la kämmererite du Texas) présentent deux départs très rapprochés vers 600° et 650°. Les prochlorites ferreuses (bavalite de Bas-Vallon, courbe VII) sont caractérisées aussi par deux départs très voisins (vers 470° et 530°); le deuxième départ ne se manifeste alors sur les courbes que par une inflexion plus ou moins accusée dans le crochet dû au premier départ (voir la courbe VII). La ripidolite d'Androta (Madagascar) donne lieu à deux départs vers 550° et 720° (courbe VI). La courbe obtenue avec l'amésite présente trois inflexions endothermiques vers 600°, 650° et 800°. D'autre part celle fournie par l'antigorite à clivages cubiques de Tilly Foster (New-York), qu'il est intéressant de comparer aux précédentes, met en évidence, après le départ d'eau à 600°, un brusquc phénomène exothermique vers 750° correspondant soit à une décomposition, soit à une transformation polymorphique.

En résumé il n'y a pas toujours équivalence entre les phénomènes endothermiques présentés par la plupart des chlorites vers 600° et 800°; alors que le second départ est moins important ou même n'existe pas dans les clinochlores et les pennines, il a en général la même importance que le premier dans les prochlorites. D'autre part il semble que le chrome et le fer ferreux rapprochent les températures de départ et que l'augmentation de la teneur en fer a en outre pour effet de les abaisser.

Enfin si l'on admet avec Tschermak que les chlorites sont des mélanges isomorphes d'antigorite et d'amésite, il paraît bien difficile d'interpréter la disparition, dans ceux-ci, du phénomène exothermique qui se produit à 750° dans l'antigorite, et du départ à 650° qui a lieu dans l'amésite. Il semble plutôt qu'on se trouve en présence d'hydrates complexes de constitutions chimiques voisines. L'étude détaillée des diagrammes et leur comparaison avec les courbes de déshydratation dans le vide seront données dans un autre recueil.

VOLCANOLOGIE. — *Sur l'ouverture d'une bouche effusive spéciale dans le cratère du Vésuve.* Note (¹) de Mlle **Marcelle Philibert.**

La période éruptive actuelle du Vésuve a débuté, le 5 juillet 1913, par l'ouverture tranquille d'une « bouche de feu » à travers le « bouchon » de matériaux accumulés dans le fond du cratère pendant les sept ans de repos qui ont succédé à la grande éruption d'avril 1906. En septembre 1914, un petit cône d'accumulation a commencé à s'élever autour de la bouche; et

(¹) Séance du 30 août 1926.

le 31 octobre 1914 eut lieu le premier efflux de lave. Depuis, grâce aux coulées de puissance variée qui se superposent les unes aux autres, l'immense cratère de 1906 (1) s'est presque complètement rempli : il ne manque plus aujourd'hui que 2^m pour que la lave rejoigne le bord E, le plus bas. Il est intéressant de noter que pendant ces 13 années l'activité du volcan s'est manifestée presque uniquement par un seul axe éruptif, correspondant à la bouche du « conetto ». Seulement pendant les années 1916-1919 il s'est produit un dédoublement évident de l'axe avec formation d'un deuxième « conetto » à 60^m au sud du « conetto » principal, avec une activité surtout explosive et rarement effusive (2). Or, pendant les premiers jours de ma résidence à l'observatoire, nous avons constaté un dédoublement très net de l'axe avec formation d'une bouche effusive autonome.

Le 29 avril, parcourant avec M. le Prof. Malladra la vaste plate-forme du fond du cratère, nous avons observé, presque au centre du secteur NE, un efflux de lave très important, formant coupole sur les laves environnantes entièrement éteintes. A mi-chemin, entre cet efflux et la paroi NE du cratère, s'était formé, le jour précédent, un vaste gouffre profond d'environ 40^m à ouverture ovale (grand diamètre N-S d'environ 60^m, diamètre E-W d'une cinquantaine de mètres). Cet effondrement était encore en mouvement : on entendait les craquements produits par les nouvelles fissures dans la roche. Il se prolongeait vers l'E par une longue et profonde fracture, elle aussi en mouvement lent. Notre guide A. Sannino a failli laisser sa vie dans ce gouffre : y étant descendu quelques jours plus tard, il vit soudain surgir une « cascade de lave » de la paroi W de l'effondrement, lequel fut rempli en moins d'un jour.

Cette bouche demeura active pendant le mois de mai et une partie de juin. Ensuite, elle devint intermittente à intervalles très irréguliers ; actuellement, elle se maintient dans cet état (31 juillet) (3). Le soir du 20 mai, elle était en grande activité; une lumière très vive, d'un rouge blanc, en indiquait la position, au milieu de nombreux courants de lave qui en irra-

(1) A. MALLADRA, *Il fondo del cratere vesuviano* (*Rend. R. Acc. Scienze di Napoli*, 3e série, **18**, 1912, p. 224-234); *Sulle modificazioni del Vesuvio dopo il 1906 e la livellazione geometrica del vulcano* (*Boll. R. Soc. geogr. it.*, **12**, 1914, p. 1237-1258); *Sul graduale riempimento del cratere del Vesuvio* (*Atti VIIIe Congr. geogr. ital. Firenze*, 1922, p. 22).

(2) Voir A. MALLADRA, *L'attività del Vesuvio nel 1918* (*Boll. Soc. Naturalisti Napoletani*, **34**, 1921, p. 69-127).

(3) Informations aimablement communiquées par M. le Prof. Malladra.

diaient « quaquaversalement », montrant de multiples fissures incandescentes. Une vaste zone obscure séparait le champ d'activité de cette bouche d'un autre champ lumineux dans le secteur NW dépendant directement des bouches ouvertes le 4 janvier à la base NW du « conetto », et demeurées plus ou moins actives depuis lors. Examinée de jour, la courbure des cordes de la lave indiquait également l'orientation « quaquaversale » des coulées. Cette bouche n'a encore manifesté aucun phénomène explosif.

Son intérêt spécial consiste dans son indépendance du « conetto » éruptif. D'après M. le Prof. Malladra, elle est la première de ce genre au cours de la période éruptive actuelle : les autres bouches effusives observées se sont toujours ouvertes à la base du « conetto »; et celles observées à une certaine distance du « conetto » n'étaient que des « pseudo-bouches » (Prof. Mercalli), réapparitions de la lave qui a déjà coulé sur un long trajet, en tunnels, présentant toujours pendant la nuit des fenêtres lumineuses qui révèlent l'origine de la lave et le chemin qu'elle suit. L'autonomie de la nouvelle bouche est justement prouvée par la présence de ce vaste champ de laves froides, de plus de 200^{m} de large, sans fenêtres lumineuses, qui la sépare de la base N du « conetto » et du champ lumineux des laves qui proviennent de la bouche du 4 janvier.

Sa position est intéressante : elle se trouve sur la verticale de l'ancien « avvallamento » du nord-est du fond du cratère, lequel, selon M. Malladra (première Note citée), aurait été produit par un mouvement spiraloïde de descente du bouchon qui a emprisonné pendant 7 ans la colonne magmatique. D'après lui, cette bouche correspondrait à la ramification ENE de cette colonne qui a alimenté, pendant la période de repos, les fumerolles dites de l' « anello ». On peut donc supposer que cette bouche s'est formée ainsi : le magma a refondu les matériaux piroclastiques correspondant à la position de l' « anello » et, ensuite, une grande partie de la lave qui s'y est superposée depuis 1915. N'étant plus soutenue, une partie de la plate-forme s'est effondrée (formant le gouffre cité) et le magma a pu filtrer entre les différentes coulées et rejoindre ainsi la surface.

L'apparition de cette bouche effusive montre que le Vésuve, malgré son apparence générale d'uniaxissité, n'échappe pas à la règle, sans doute générale, de la « subdivision digitale » de l'axe éruptif dans sa partie supérieure (¹), avec une tendance des bouches à persister longtemps dans

(¹) A. MALLADRA, *L'attività del Vesuvio nel* 1925 (*Annali R. Osservatorio Vesuviano*, 3ᵉ série, 2, 1925, p. 161-179).

les mêmes positions, fait si caractéristique au Stromboli, comme l'a démontré H.-S. Washington [1].

PALÉONTOLOGIE. — *Sur le* Placosaurus (*Gervais*). Note de M. **Henri Leenhardt**, transmise par M. Joubin.

Dans une Note insérée aux *Comptes rendus* [2] G.-A. Boulenger classait le *Placosaurus* parmi les Hélodermatides. Il se fondait pour cela sur l'examen de photographies d'un crâne complet de *Placosaurus* trouvé par F. Leenhardt dans les Phosphorites du Quercy. Ce crâne lui parut de forme et de dimensions pareilles à celles d'*Heloderma horridum*. Il constata que la région temporale droite fournissait la preuve de l'absence de l'arcade postfronto-squamosale, car un crâne d'Anguide, vu dans cette position, montrerait celle-ci.

Estimant que les plaques dermiques tubercules et hexagonales du crâne de *Placosaurus* sont très différentes de forme et de répartition des plaques vermiculées et pentagonales d'*Heloderma horridum*, j'ai dégagé la tempe gauche du *Placosaurus* que je possède pour vérifier la position du squamosal et du surtemporal nettement abîmés dans la tempe droite.

L'os que Boulenger a considéré comme le surtemporal est nettement le squamosal. Le surtemporal est réduit à peu de chose et sur mon exemplaire il ne se distingue pas du pariétal. Par contre, il se distingue tout à fait nettement du squamosal qui lui est extérieurement accolé. Il y a donc un squamosal bien développé et l'on n'est pas en présence d'un Hélodermatide. Le squamosal se soude à un morceau de postfrontal, mais ce dernier os est brisé par l'écrasement accidentel du crâne que je possède. Le jugal se prolonge par un autre morceau de postfrontal, tandis que le postfronto-squamosal est déjeté par cet écrasement.

Si le postfrontal n'était pas réellement cassé, on aurait un type intermédiaire entre les Varanides et les Anguides. Si, comme je le crois, la coupure est accidentelle, on doit conclure que *Placosaurus* est, non un Hélodermatide, mais très nettement un Anguide.

---

(1) H.-S. Washington, *Persistance of vents of Stromboli*, etc. (*Bull. geol. Soc. of America*, 28, 1917, p. 249-278).

(2) G.-A. Boulenger, *Les Lézards Hélodermatides de l'Éocène supérieur de la France* (*Comptes rendus*, 166, 118, p. 889).

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Action antagoniste de l'argent et de l'étain métalliques sur les êtres vivants.* Note de Mme **Anna Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. Ch. Gravier.

Dans une Note récente ([1]), nous avons signalé l'action toxique, rapidement mortelle, de l'argent métallique sur le sperme et les larves d'Oursin. Les résultats que nous apportons aujourd'hui sont susceptibles d'éclairer le mécanisme d'action de l'argent, et d'intéresser le biologiste comme le physicien; ils ont été obtenus à Port-Blanc (Côtes-du-Nord) sur *Convoluta*, matériel très favorable à cause de sa grande sensibilité.

1° Placées dans un godet en argent, ou sur une lame d'argent, les *Convoluta* ne tardent pas à succomber. Dans certaines conditions d'éclairement (il y a en effet, comme nous le montrerons prochainement, activation de l'argent par la lumière), la cytolyse peut survenir en moins d'une minute. Toutes conditions égales d'ailleurs, l'action de l'argent est fonction de sa *masse*. De deux lames d'argent, de mêmes dimensions, mais dont l'une est mince et l'autre plus épaisse, cette dernière a toujours une action plus intense que la première. Quand on fait agir la même lame d'argent plusieurs fois de suite, en déposant chaque fois sur une de ses faces une goutte d'eau avec *Convoluta* (dans les intervalles on lave et l'on essuie la lame), elle agit de moins en moins et cette *désactivation* est d'autant plus rapide que la lame d'argent est plus mince.

2° Si l'on dépose sur une petite lamelle, de 3^{cm} de côté par exemple, découpée dans une très mince feuille d'argent, une goutte d'eau avec *Convoluta*, celles-ci peuvent être cytolysées en quelques minutes; remplacet-on aussitôt la goutte par une autre, la survie peut être d'une heure ou davantage; au troisième essai, l'effet est beaucoup plus lent encore. Mais si l'on pose la lamelle ainsi désactivée sur une lame d'argent, elle ne tarde pas à récupérer son activité. Nous faisions des séries parallèles : deux minces lamelles d'argent que nous faisions travailler simultanément se montraient à peu près complètement désactivées au troisième essai par exemple; nous chargions de nouveau chacune d'elles d'une goutte de *Convoluta*, mais en posant l'une des lamelles, comme précédemment, sur un disque de verre, et l'autre sur une lame d'argent. Les *Convoluta* de la première continuaient à vivre pendant des heures, alors que celles de la

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1651.

dernière étaient rapidement cytolysées. Ainsi, par le fait du *contact* avec une lame d'*argent*, une lamelle désactivée redevient active, comme si elle se rechargeait.

3° Parmi les divers métaux dont nous avons recherché l'action, l'étain en particulier s'est montré inoffensif. Dans un godet en étain, les *Convoluta* peuvent vivre aussi longtemps que dans un vase de verre; leurs réactions, leur phototropisme restent parfaitement intacts. Quand on plonge une lamelle d'argent dans un godet en verre contenant des *Convoluta*, celles-ci sont cytolysées en une dizaine de minutes (ou moins, ou plus, suivant l'éclairement, l'épaisseur de la lame, la température, etc.). Mais si l'on plonge la même lame d'argent dans un godet en étain, les *Convoluta* continuent à y vivre pendant des heures : l'étain désactive l'argent. Cette action antagoniste de l'étain vis-à-vis de l'argent peut être comparée à celle, bien connue, de K et Ca, l'un neutralisant l'autre.

4° L'*antagonisme* entre l'argent et l'étain se manifeste d'une autre façon encore, dans l'expérience frappante que voici : Une mince lamelle d'argent portant une goutte d'eau avec *Convoluta* peut cytolyser celles-ci en peu de temps. Mais si la lamelle est posée sur de l'étain, les *Convoluta* ne subiront aucune atteinte (bien entendu, il faut se servir de très minces lamelles d'argent, autrement l'action est trop brutale et rapide pour être contrecarrée). Nous avons vu tout à l'heure qu'une lamelle d'argent désactivée s'active au contact de l'argent; ici, une lame d'argent active se désactive au *contact de l'étain*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le méthylglyoxal considéré comme intermédiaire au cours de la dégradation du glucose par les micro-organismes.* Note de M. E. **Aubel**, présentée par M. Molliard.

Le glucose donne, au cours de la fermentation alcoolique, de l'acide pyruvique et de l'acide lactique, mais l'on discute encore pour savoir si ces derniers corps sont formés directement aux dépens de l'hexose ou s'il existe, au contraire, un précurseur. La question est ancienne et résolue par la négative en ce qui concerne la dioxycétone et l'aldéhyde glycérique. Il reste le méthylglyoxal.

C'est en 1913 qu'à ma connaissance Neuberg a posé nettement la question pour la première fois, au cours de ses recherches sur la fermentation alcoolique. Il posait qu'en principe le premier stade de décomposition du

glucose était

$$C^6H^{12}O^6 = 2CH^3COCOH + 2H^2O.$$

Depuis, ce corps a été isolé dans des cultures de *Tyrothrix* par Fernbach. Je l'ai ensuite, pour mon compte, décelé dans les cultures du *Bacille subtilis* sur la glycérine. D'autre part, en 1920, j'ai signalé que le Bacille pyocyanique ensemencé sur un milieu où l'aldéhyde pyruvique constitue la source de carbone, produit aux dépens de cette dernière un acide présentant la réaction de Hopkins et qui paraissait être l'acide lactique. J'avais abandonné cette question à cause du faible rendement obtenu. Neuberg et ses élèves viennent de faire la remarque extrêmement importante que le *Coli* est capable de transformer quantitativement le méthylglyoxal en acide lactique. Ceci met hors de doute la possibilité pour les micro-organismes d'effectuer la réaction

$$CH^3COCOH + H^2O = CH^3CHOHCOOH.$$

D'autre part, la chaleur de formation calculée du méthylglyoxal doit être voisine de 86000^{cal}; elle indique que le dédoublement

$$C^6H^{12}O^6 = 2CH^3COCOH + 2H^2O + 20000^{cal} \text{ environ}$$

est possible spontanément et peut être considéré comme une source d'énergie. Est-ce suffisant pour considérer le méthylglyoxal comme un intermédiaire entre le glucose et l'acide pyruvique? Si la réponse est affirmative, trois faits deviennent inexplicables :

1° On ne conçoit pas à quel stade, dans les cultures anaérobies de *Coli* sur glucose, a lieu le départ d'hydrogène, à moins d'admettre que le méthylglyoxal est précurseur du seul acide lactique, alors que l'acide pyruvique dérive par départ d'H^2 d'un autre corps tel que l'aldéhyde glycérique, ou du glucose lui-même.

2° On ne saisit pas pourquoi, dans la fermentation alcoolique normale par la levure, il n'y aurait pas une quantité notable d'acide acétique formé. En effet, il faut admettre à un moment donné le stade

$$\left.\begin{matrix} CH^3COCOH \\ CH^3COH \end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix} O = CH^3COCOOH, \\ H^2 = CH^3CH^2OH; \end{matrix}\right.$$

il n'y a aucune raison pour que la réaction bien connue

$$\left.\begin{matrix} CH^3COH \\ CH^3COH \end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix} H^2 = CH^3CH^2OH, \\ O = CH^3COOH \end{matrix}\right.$$

ne s'effectue pas également.

Alors que l'on conçoit fort bien :

$$C^6H^{12}O^6 = 2CH^3CO\,COOH + 2H^2,$$
$$2CH^3CO\,COOH = 2CH^2COH + 2CO^2,$$
$$2CH^3COH + 2H^2 = 2CH^3CH^2OH.$$

3° Enfin si l'aldéhyde pyruvique était précurseur d'acide pyruvique, elle devrait, comme ce dernier corps, fermenter. Or il n'en est rien. Il semble donc qu'admissible comme précurseur de l'acide lactique, le méthylglyoxal ne joue aucun rôle dans la genèse de l'acide pyruvique. Et alors l'origine de ce dernier acide demeure bien la réaction endothermique dont j'ai parlé dans des Notes antérieures, réaction qui n'est rendue possible que grâce à cette formation couplée d'acide lactique (directe ou indirecte, peu importe) exothermique, source fondamentale d'énergie.

On doit donc admettre que le dédoublement de glucose par le *Coli* et la levure de Cramant se fait suivant le schéma :

glucose ⟨ acide pyruvique + H^2 — 15600^{cal}
glucose ⟨ (méthylglyoxal + H^2O) → acide lactique (1) + 29000^{cal} environ,

la seconde réaction permettant la première.

MICROBIOLOGIE. — *Virulence pour l'homme du Spirochète de la musaraigne.* Note de M. CONSTANT MATHIS, présentée par M. F. Mesnil.

Le Spirochète de la musaraigne : *Spirochæta crociduræ* A. Leger 1917 offre les plus grandes analogies avec les spirochètes des diverses fièvres récurrentes humaines. Il restait à savoir si le Spirochète de la musaraigne était également pathogène pour l'homme. Nous avons été précédé, dans cette voie, par M. Leger, qui, à Dakar, injecta à deux sujets volontaires du sang de musaraigne parasitée. Ceux-ci présentèrent de la fièvre, mais l'examen de leur sang n'ayant révélé que la présence d'hématozoaires du paludisme, l'auteur conclut qu'il avait réveillé un paludisme latent et qu'il

(1) Vis-à-vis de l'acide lactique, en milieu anaérobie, la levure de Cramant se comporte différemment du *Coli*. Des expériences en cours avec Génevois et Salabartan, nous ont montré que les nitrates ne jouent dans le cas de la levure aucun rôle; les cultures étant avec ou sans nitrates très difficiles et irrégulières (ensemencement massif, culture positive dans la proportion de 1 cas sur 10). Par contre, les nitrates jouent un rôle dans le cas des cultures anaérobies de levure sur glucose.

n'avait pas réussi à transmettre à l'homme le Spirochète de la musaraigne. Notons ici que, tout récemment, Vincent a réussi à déterminer une courte infection chez l'homme par l'inoculation d'un spirochète rencontré, par hasard, chez une souris blanche de laboratoire.

Sp. crociduræ présentant les plus grandes affinités avec *Sp. Obermeieri* et *Sp. Duttoni* et ceux-ci ayant amené des rémissions marquées dans le traitement de la paralysie générale, nous nous sommes cru autorisé à l'employer aussi. Avec la collaboration de M. le Dr A. Marie, nous avons pu traiter deux paralytiques généraux de l'Asile Sainte-Anne. Disons tout de suite que ces malades ont présenté, à la suite des inoculations, une rémission incomplète, mais suffisamment marquée pour que l'un ait pu être rendu à sa famille et l'autre envoyé dans un asile de convalescence.

Un premier malade reçoit, sous la peau, l'injection de quatre gouttes de sang de souris blanche infectée avec *Sp. crociduræ*, rapporté de Dakar sur jeunes lapins. Après 8 jours d'incubation, la température monte à 38°,2 et le lendemain à 39°; le malade accuse des frissons accompagnés de transpiration, de courbature avec céphalée, insomnie, douleurs articulaires et symptômes d'embarras gastro-intestinal. Le sang, prélevé au début de l'accès et le lendemain, ne révèle pas la présence de spirochètes à l'examen direct prolongé de frottis fixés et colorés. Il était cependant nettement infectant puisqu'il suffit de quelques gouttes prélevées au lobule de l'oreille pour infecter des souris blanches qui présentèrent des parasites pendant plus d'une semaine. La première période fébrile ne dura que 3 jours. Après 9 jours d'apyrexie, une nouvelle poussée thermique se manifesta et elle se prolongea durant 2 semaines avec des oscillations allant de 37°,5 le matin à 38°,6 et 39°,6 le soir. Au 36e jour après l'inoculation, la température revint à la normale. Cette période d'apyrexie dura 5 jours, puis survint une troisième période fébrile qui se prolongea pendant une semaine. A aucun moment de l'infection, les parasites ne se révélèrent à l'examen direct du sang. Ils n'en étaient pas moins présents puisque du sang, prélevé de nouveau au 18e jour de la maladie (temp. 37°,2) et au 28e jour (temp. 37°,9) infectèrent la souris blanche.

Un second malade fut inoculé dans les mêmes conditions. Chez lui, la période d'incubation fut de 5 jours seulement, la courbe thermique revêtit aussi dans son ensemble le type récurrent comportant une élévation thermique initiale et deux poussées fébriles ultérieures de près de 3 semaines. Comme chez le malade de l'observation précédente, les spirochètes ne se révélèrent jamais à l'examen direct, mais avec le sang on réussit à infecter

des souris blanches au sixième jour (temp. 39°,9) et au quinzième jour (temp. 37°,2) de l'infection.

En résumé, le Spirochète de la musaraigne s'est montré expérimentalement virulent pour l'homme. Il a déterminé une infection très nette caractérisée cliniquement par une courbe thermique du type récurrent, mais avec des irrégularités : légères ascensions thermiques pendant les périodes apyrétiques et au contraire rémissions plus ou moins marquées pendant les périodes fébriles. Une particularité intéressante à souligner est l'absence de spirochètes visibles à l'examen direct du sang, à un moment où l'on devait s'attendre à les trouver en très grand nombre, comme cela se passe dans les spirochétoses sanguines humaines. Le sang n'en était pas moins infectant pour les animaux sensibles. Cette constatation est-elle à rapprocher des observations de Ch. Nicolle et de ses collaborateurs faites chez le pou qui est surtout infectieux au stade où le spirochète est invisible ?

La présence d'un spirochète pathogène pour l'homme chez un insectivore soulève deux hypothèses principales.

Du point de vue étiologique et épidémiologique, on peut se demander si la musaraigne ne joue pas le rôle de réservoir de virus vis-à-vis d'une spirochétose humaine encore méconnue faisant partie de ce groupe si important d'infections fébriles sévissant en Afrique occidentale et notamment au Sénégal et chez lesquelles l'examen microscopique le plus attentif du sang demeure toujours négatif. L'inoculation de ce sang à des animaux sensibles permettrait peut-être de mettre en évidence l'existence d'une spirochétose relevant du parasite de la musaraigne.

En se plaçant au point de vue biologique, on peut faire une hypothèse toute différente. On peut supposer, en effet, que le Spirochète de la musaraigne ne s'est jamais jusqu'ici transmis à l'homme dans les conditions naturelles, mais il n'est pas dit qu'un jour il ne devienne l'agent d'une nouvelle maladie humaine.

Dans les deux cas la musaraigne joue bien le rôle de réservoir de virus, mais comme F. Mesnil l'a suggéré dès 1917, dans la première hypothèse ce réservoir serait déjà en action, dans la seconde il ne serait qu'en puissance.

Les récents travaux, et particulièrement ceux de Ch. Nicolle, tendent à rapprocher les différentes spirochétoses sanguines humaines entre elles. Une étude plus complète du virus récurrent de la musaraigne apportera sans doute des lumières sur cette importante question.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Suppression des chocs anaphylactiques par anesthésie des terminaisons nerveuses endo-vasculaires.* Note [1] de M. **Auguste Lumière** et Mme **J. Enselme**, présentée par M. Roux.

D'après la théorie des chocs anaphylactiques formulée par l'un de nous [2], la crise que l'antigène déchaîne résulte de l'excitation des terminaisons endovasculaires du sympathique par le floculat qui se forme au moment où cet antigène entre en contact avec le sérum du sujet sensibilisé.

Si cette conception est exacte, on doit pouvoir atténuer ou supprimer les chocs en diminuant la sensibilité du réseau nerveux endothélial au moyen des anesthésiques locaux.

C'est ce que l'expérience nous a permis de vérifier.

On sait que le choc anaphylactique se traduit par une vaso-dilatation considérable des vaisseaux viscéraux ; les vaso-constricteurs, comme l'adrénaline, s'opposent, dans une certaine mesure, à la production de ce phénomène et des symptômes qui en sont la conséquence; si nous avions employé pour produire l'effet anesthésique que nous recherchons des substances telles que la cocaïne, qui sont en même temps des vaso-constricteurs, il ne nous aurait pas été possible de faire la discrimination, dans les résultats observés, entre ce qui revenait d'une part à l'anesthésie et, d'autre part, à la vaso-constriction.

C'est ce motif qui nous a engagés à choisir l'allocaïne pour réaliser l'inhibition sympathique, ce composé étant dépourvu d'action vaso-motrice.

Quand on injecte dans la circulation d'un cobaye de poids moyen (300 à 350^{g}) sensibilisé à l'ovalbumine, 2^{mg},5 d'allocaïne en solution à 0,5 pour 100 dans le sérum physiologique, l'animal ne présente qu'un peu de stupeur passagère avec parfois quelques soubresauts.

Sous l'influence de ce traitement, on peut pratiquer une injection intracardiaque de 5^{mg} d'antigène, dose toujours mortelle pour les témoins, sans occasionner d'autres troubles qu'un peu de prurit.

Cette préservation est complète pendant la demi-heure qui suit l'administration de l'anesthésique local, mais elle s'atténue ensuite peu à peu, si bien qu'au bout de deux heures l'animal traité, ayant récupéré la plus grande partie de sa sensibilité sympathique, présente de nouveau les acci-

(1) Séance du 27 septembre 1926.

(2) Auguste Lumière, *Le problème de l'anaphylaxie,* Paris, 1924; Doin, éditeur.

dents classiques de l'anaphylaxie suraiguë sous l'influence de l'injection d'ovalbumine.

Lorsqu'on provoque, chez le cobaye, un choc anaphylactique ou anaphylactoïde atténué, on le rend réfractaire à un nouveau choc quel qu'il soit; nous avons montré le caractère général de cette protection réciproque d'un choc par un autre et nous l'avons expliquée en invoquant l'accoutumance du tissu nerveux aux excitations par les floculats; la préservation réalisée par une première excitation mécanique des terminaisons nerveuses vasculaires persiste longtemps, 10 heures au moins, le plus souvent 24 heures et même plusieurs jours, suivant la forme physique des floculats irritatifs qui continuent à circuler dans les vaisseaux pendant des temps plus ou moins longs.

Or l'allocaïne employée sous forme de chlorhydrate est elle-même une substance choquante lorsqu'on l'introduit brusquement et à haute dose dans la circulation, et l'on pouvait se demander si la propriété antianaphylactique de ce médicament ne devait pas être attribuée au phénomène de protection par un choc atténué préalable : il n'en est rien, car l'un des caractères de cette protection réciproque est la durée. Dans le cas de l'allocaïne, l'animal ne demeure insensible que pendant le temps qui correspond exactement à la durée habituelle de l'anesthésie procurée par cette substance. L'action protectrice qu'elle exerce est donc bien due à son pouvoir anesthésique.

Employée avec précaution, la méthode qui réalise l'inhibition des terminaisons nerveuses endovasculaires au moyen des anesthésiques locaux sera sans doute susceptible de recevoir quelques applications dans la prophylaxie de certains cas de chocs anaphylactiques, anaphylactoïdes ou traumatiques,

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Expériences concernant le virus aphteux.* Note de M. **Charles Lebailly**, présentée par M. Roux.

Les plus grandes difficultés que l'on rencontre dans l'étude de la fièvre aphteuse proviennent de la nature du virus. Jusqu'ici, les recherches n'ont pas permis d'obtenir ce virus en culture.

1. *Culture du virus.* — Les faits annoncés par Frosch et Dahmen n'ont pas été confirmés. Toutes mes tentatives de culture, en partant de souches recueillies dans le Calvados et en variant les milieux de culture, leur réaction, leur température, ne m'ont jamais permis d'obtenir une multiplication.

Tout au plus ai-je observé, dans les cas les plus favorables, une survie de 3 à 6 jours suivant que la température variait de 37 à 18°. En général, le virus meurt beaucoup plus rapidement.

2. *Virus* A *et virus* O. — L'étude de l'immunisation vis-à-vis de la fièvre aphteuse s'est compliquée, à la suite de la découverte par MM. Vallée et Carré d'une souche particulière de virus, leur virus O, avec laquelle il est possible de réinfecter les animaux guéris depuis peu de temps de la maladie causée par leur virus A, commun dans notre région. Grâce à l'obligeance de MM. Vallée et Carré, j'ai pu faire un certain nombre d'expériences à l'aide du virus O. Les épidémies du Calvados sont dues à un virus identique à la souche A, comme j'ai pu m'en convaincre au cours de ces cinq années, expérimentant une série avec quatre souches de virus de notre région. Les jeunes animaux de race normande, guéris de leur fièvre aphteuse due au virus A, peuvent être réinfectés au bout de quatre semaines avec le virus O. Ils font alors une deuxième maladie, identique à la première, avec des lésions aussi graves et aussi étendues. Le même fait se produit si le virus O a été inoculé en premier lieu, et le virus A un mois après la guérison. Il s'agit donc bien de deux virus ayant un pouvoir pathogène différent, mais dont l'action se manifeste par des symptômes identiques. Les animaux, ayant fait une maladie à virus O ou A, ne peuvent pas être réinfectés pendant plusieurs mois avec le même virus. Ils ont acquis l'immunité vis-à-vis de lui ; ils restent sensibles à l'autre souche. Les maladies causées par ces deux virus ont comme caractères communs de rendre les animaux contagieux dès la période d'incubation. Le virus existe alors dans le sang, le lait, l'urine, les larmes ; il disparaît rapidement après la période fébrile aussi bien de l'animal que de sa litière et des étables. Je n'ai pas constaté qu'il persiste à l'état de germe caché dans l'organisme des bovidés. De récentes expériences m'ont, en particulier, convaincu de la non-survie du virus dans les onglons. Trois animaux sensibles, éprouvés positivement par la suite, ont reçu sous la peau et dans les muscles des fragments d'onglons provenant d'animaux guéris depuis un à deux mois, sans qu'il en ait résulté pour eux aucune infection aphteuse. Ces fragments avaient été prélevés profondément dans des zones où la trace des lésions fermées était encore visible.

Ces échecs sont à rapprocher des faits que j'ai signalés concernant de nombreux bovins guéris de fièvre aphteuse, à virus O ou A, replacés dans des troupeaux d'animaux sensibles sans qu'il y ait eu de cas de contagion.

3. *Transmission au cobaye*. — Les deux virus A et O permettent d'obte-

nir chez le cobaye une éruption aphteuse caractéristique. Elle se produit à coup sûr, dans l'espace de 48 heures, quand l'inoculation est faite dans le tissu malpighien de la plante des pattes postérieures. L'inoculation dans le sang n'est suivie de l'apparition d'aphtes en ces mêmes points, les plus sensibles, que dans un tiers des cas environ. Dans les cas positifs, les liquides organiques renferment le virus ainsi que le sang. On peut utiliser celui-ci pour donner la fièvre aphteuse aux bovidés. Il faut alors le recueillir au début de l'apparition des aphtes. Lorsque ceux-ci, dans les jours qui suivent, deviennent plus gros et plus caractéristiques, ils perdent leur virulence. On n'observe pas, chez le cobaye, de réaction thermique appréciable. La maladie ne se transmet pas par contagion aux cobayes neufs, maintenus dans les cages des malades. Des constatations analogues ont été faites par les différents auteurs qui se sont occupés de cette question, Waldmann et Pape, Stockmann et Minett, Bedsonn et Maitland, Abe, Gins et Fortner, Trautwein.

4. *Conservation du virus.* — La congélation est le meilleur moyen de conservation du virus aphteux : Recueillir le sang des bovins le plus près possible du début de la période fébrile, l'additionner de $0^{g},50$ de citrate de soude pour 100^{g} de sang. Rendu ainsi incoagulable, il est réparti en flacons de 10^{cm^3} et congelé immédiatement. Il conserve régulièrement sa virulence pendant 6 à 8 mois; passé ce délai, on peut observer des échecs. Pourtant, j'ai réussi à obtenir l'infection aphteuse avec du sang congelé entre 15° et 20° depuis 13 mois. Il donnait, après ce temps, la maladie au bout de 72 heures, c'est-à-dire au bout d'une incubation aussi courte que lorsqu'il était frais. Il est à remarquer que le virus ne se conserve guère plus d'un mois dans le sang des cobayes infectés, recueilli et conservé dans les mêmes conditions.

La séance est levée à $15^{h}30^{m}$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 OCTOBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **St. Minovici**, professeur de Chimie à l'Université de Bucarest, qui assiste à la séance.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le chlorure de pyrosulfuryle.* Note (¹) de MM. **V. Grignard** et **P. Muret.**

En vue d'étudier la réaction de l'oxyde de méthyle sur le chlorure de pyrosulfuryle, découverte antérieurement par l'un de nous (²), nous avons dû nous préoccuper, tout d'abord, d'obtenir le second de ces réactifs à l'état de pureté.

Bien que ce corps, en effet, ait été étudié par un assez grand nombre de chimistes (Roose, Rosenstiehl, Michaëlis, Ogier, Heumann, Billitz et Köchlin, Konovalof, Besson), les données sont très disparates : le point d'ébullition, sous la pression ordinaire, varie de 141° (Ogier) à 153° (Konovalof), et l'accord n'est pas meilleur en ce qui concerne les densités de vapeur. Ceci tient à ce que la réaction de Schutzenberger

$$2\,SO^3 + CCl^4 = CO\,Cl^2 + S^2O^5Cl^2$$

donne un produit qui est, dans la pratique, souillé d'anhydride sulfurique et surtout de chlorhydrine sulfurique. Ce dernier corps, principalement, est très difficile à séparer, car il donne avec le chlorure de pyrosulfuryle un

---

(¹) Séance du 4 octobre 1926.

(²) V. Grignard et J. Gérard, *Bull. Soc. chim.*, 27, 1920, p. 322.

mélange azéotropique. En outre la distillation à la pression ordinaire est toujours accompagnée d'un peu de décomposition.

Besson (¹) a évité, en partie, ces inconvénients en purifiant son chlorure de pyrosulfuryle par action du pentachlorure de phosphore, et en distillant ensuite dans le vide. Malheureusement l'oxychlorure de phosphore engendré par ce traitement est tout aussi difficile à éliminer.

Nous avons appliqué la réaction (²) du tétrachlorure de carbone sur l'acide sulfurique réel ou sur sa chlorhydrine, en présence de 2 pour 100 de terre d'infusoires et à la température d'environ 80°. On a :

$$CCl^4 + SO^4H^2 = COCl^2 + SO^3HCl + HCl,$$
$$CCl^4 + 2SO^3HCl = COCl^2 + S^2O^5Cl^2 + 2HCl,$$

d'où l'équation globale :

$$3CCl^4 + 2SO^4H^2 = 3COCl^2 + S^2O^5Cl^2 + 4HCl.$$

En fait, nous avons utilisé, comme matière première, la chlorhydrine.

Au début, il est nécessaire d'agiter et d'élever un peu la température, parce que le tétrachlorure de carbone n'est pas soluble dans la chlorhydrine (ni dans l'acide sulfurique), mais il est soluble dans le chlorure de pyrosulfuryle et il se dissout totalement, bien avant la fin de l'opération. On peut d'ailleurs, dès le début, introduire, comme pied de cuve, du chlorure de pyrosulfuryle d'une opération antérieure.

Comme il importe de détruire toute la chlorhydrine, on ajoute, vers la fin, le tétrachlorure de carbone, par petites portions, tant qu'il se dégage du phosgène (³). Il faut cependant éviter de chauffer trop haut car, vers 140°-150°, le chlorure de pyrosulfuryle subit déjà un commencement de décomposition.

Dans ces conditions, on ne trouve, à côté du corps cherché $S^2O^5Cl^2$, que du tétrachlorure de carbone, en excès.

Par rectification dans le vide, on obtient le chlorure de pyrosulfuryle sensiblement pur, bouillant à 57°, sous 30^{mm}, et à 52°, sous 15^{mm} (Besson indique 53°, sous 15^{mm}). A la pression ordinaire, il bout vers 140°, en se décomposant un peu. On met cette décomposition en évidence en le laissant bouillir à reflux, pendant quelque temps, avant de distiller. On sépare alors facilement de l'anhydride sulfurique bien cristallisé.

Le chlorure rectifié dans le vide a donné à l'analyse (hydrolyse potassique) :

(¹) *Comptes rendus*, 124, 1897, p. 401.

(²) V. Grignard et Ed. Urbain, *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 17.

(³) Que l'on caractérise facilement sous forme de diphénylurée symétrique.

	Trouvé.	Calculé pour $S^2O^5Cl^2$.
S	30,0	29,75
Cl	33,0	33,02

Ce corps possède une odeur spéciale, il est hygroscopique, mais fume peu à l'air.

$$d_{19}=1,834, \quad n_D^{19}=1,449.$$

Nous allons en étudier rapidement quelques propriétés [1].

Action de la chaleur. — La densité de vapeur, déterminée par la méthode de Mayer, décroît quand T augmente :

Dans la vapeur d'aniline (183°)	$d=5,8$
Dans la vapeur de nitrotoluène (220°)	$d=4,6$
Dans la vapeur de diphénylamine (310°)	$d=3,1$
Dans la vapeur de mercure (357°)	$d=2,6$

Ces résultats s'accordent bien avec ceux de Köchlin et Heumann [2] et correspondent à une courbe régulière partant de la densité théorique, 7,4, pour aboutir, vers 450°, à la densité $\frac{7,4}{3}=2,47$ (Köchlin et Heumann ont trouvé 2,5, dans la vapeur de soufre, à 442°).

Il est donc vraisemblable que la scission de la molécule donne :

$$S^2O^5Cl^2 = SO^3 + SO^2 + Cl^2.$$

Nous avons mis ce fait en évidence en faisant passer le chlorure de pyrosulfuryle pur dans un tube de verre chauffé électriquement à 300°, et en refroidissant brusquement les gaz à la sortie. Le chlore se manifeste déjà par sa couleur; il a été caractérisé en le recueillant dans de la soude. L'acide sulfureux a été caractérisé en solution aqueuse. Enfin la distillation des liquides condensés a donné, vers 46°, de l'anhydre sulfurique cristallisable, et du chlorure de pyrosulfuryle inaltéré.

Nous avons essayé d'étudier le phénomène quantitativement, soit en opérant comme il vient d'être dit, soit en faisant passer les gaz sur du bioxyde de sodium. Mais par suite de réactions secondaires, évidentes, nous n'avons pu éviter des différences de 12 à 15 pour 100 avec la théorie.

Toutes les tentatives faites pour réaliser la réaction inverse de la décomposition précédente sont restées sans résultat : chauffage du mélange

---

(1) Pour les détails de ce travail, voir la *Thèse de Doctorat ès sciences* de P. Muret.

(2) *Comptes rendus*, 96, 1883, p. 479.

gazeux dans l'appareil chaud-froid, jusqu'à 250°, seul ou en présence de catalyseurs. En présence de camphre, à 0°, il se fait du chlorure de sulfuryle, comme on le savait déjà, mais pas de chlorure de pyrosulfuryle. Des essais analogues pour combiner $SO^2Cl^2 + SO^3$ ont échoué également. Cette dernière réaction serait d'ailleurs endothermique ($-5^{cal},4$).

Nous nous sommes alors demandé si l'on ne pourrait avoir transitoirement

$$S^2O^5Cl^2 = 2SO^2 + Cl^2O$$

et nous avons essayé de réaliser la réaction inverse (qui serait exothermique), en présence, soit de CCl^4, soit de camphre. Ces expériences ont été entièrement négatives.

Nous pouvons donc conclure, avec Ogier, que les deux équations

$$S^2O^5Cl^2 = SO^3 + SO^2 + Cl^2 \quad \text{et} \quad S^2O^5Cl^2 = SO^3 + SO^2Cl^2$$

ne sont pas réversibles.

Il restait cependant une obscurité dans les expériences d'Ogier. Opérant dans l'appareil de Dumas, il n'avait jamais, après refroidissement, constaté aucun changement dans la composition moléculaire du chlorure de pyrosulfuryle. Il semblait donc qu'il y eût recombinaison pendant le refroidissement, donc réversibilité. Mais les quantités sur lesquelles opérait Ogier étaient trop faibles pour permettre de saisir le phénomène.

Nous avons fait bouillir, à reflux, pendant 20 minutes, du chlorure de pyrosulfuryle pur et nous l'avons laissé refroidir lentement en vase clos. La distillation a permis d'isoler de l'anhydride sulfurique cristallisable.

On pouvait enfin se demander si la décomposition pyrogénée du chlorure de pyrosulfuryle ne s'effectuait pas en deux phases :

1° Décomposition............. $S^2O^5Cl^2 = SO^3 + SO^2Cl^2$

2° Dissociation................ $SO^2Cl^2 \rightleftarrows SO^2 + Cl^2$

Pour le vérifier nous avons songé à reprendre les densités de vapeur dans une atmosphère constituée par l'un des gaz SO^2 ou Cl^2.

Nous avons, dans ce but, adopté la modification de la méthode de Mayer qui consiste à opérer à volume constant; c'est la méthode de Lumsden (¹) dont l'approximation est d'environ 4 pour 100.

Le seul fait d'opérer à volume constant détermine, même en opérant dans l'air, un relèvement de la densité. Ainsi dans la vapeur d'aniline (183°),

(¹) *Practical Physical Chemistry*, by Findlay.

la densité remonte de 5,8 à 6,1; dans la vapeur de nitrotoluène (210°), de 4,6 à 4,95; tandis que dans la vapeur de mercure, on trouve toujours 2,6.

Ceci montre l'existence d'un phénomène de dissociation qui apparaît encore plus nettement quand on prend la densité dans un des gaz résultant de la dissociation de SO^2Cl^2. A 183°, dans le chlore, la densité de vapeur atteint 6,95 et dans SO^2, 7,3. On s'approche très nettement de la densité théorique 7,4. A 210°, la densité tombe à 5,73 (SO^2) et 5,75 (Cl).

Si l'on examine de la même manière la densité de SO^2Cl^2, on constate que, jusqu'au voisinage de 200°, la dissociation est très faible; au-dessus de cette température, l'influence de SO^2 et de Cl^2 est très nette.

Ces résultats confirment bien les deux équations admises au début. Jusque vers 200°, en présence de SO^2 ou de Cl^2, la décomposition du chlorure de pyrosulfuryle est très faible. Au-dessus de cette température, la décomposition augmente en donnant d'abord SO^3 et SO^2Cl^2, réaction irréversible. Puis SO^2Cl^2 se dédouble, par dissociation, en SO^2 et Cl^2, et, vers 360°, le dédoublement en $SO^3 + SO^2 + Cl^2$ est presque complet.

Dans une prochaine Note, nous étudierons l'action de l'eau sur le chlorure de pyrosulfuryle et ses propriétés diamagnétiques.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *Nouvelles observations sur le tabac tombak.* Note (1) de M. **Henri Jumelle**.

Nous avons déjà rappelé, dans une Note précédente (2), combien est toujours restée indécise l'origine botanique du tabac dit tombak, que sa forte teneur en nicotine fait spécialement employer dans tous les pays où est en usage la pipe à eau.

On a tout d'abord pensé que la plante productrice était un *Lobelia*, puis Hausknecht, en 1886, admit que c'était le *Nicotiana rustica*, tandis que Lock rapporta les feuilles employées au *Nicotiana persica* et que Dunal précisa même que c'était cette dernière espèce qui fournissait la célèbre sorte de Chiraz.

A notre tour, l'année dernière, nous n'avons considéré comme n'étant qu'une variété trapue, et à fleurs pourpres, du *Nicotiana Tabacum* le tabac tombak des Alaouites. C'est en tous les cas, l'identification à laquelle nous

(1) Séance du 4 octobre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 169.

ont amenés les plants que nous avons obtenus de graines qui nous sont parvenues de Syrie, sous ce nom de tombak, par l'intermédiaire du Ministère des Affaires Étrangères.

Après de nouvelles études, la question nous semble aujourd'hui plus complexe qu'elle n'apparaissait jusqu'ici, car il y aurait, en réalité, plusieurs « tombaks » assez différents.

A la suite de notre Note de juillet 1925, M. le Directeur des Tabacs de Tunisie nous adressait en décembre dernier, pour semis, des graines de tombak, d'origine persane, que cultive, depuis quelques années en Tripolitaine la direction des Monopoles italiens de Tripoli.

Ces graines, beaucoup plus grosses que celles de *N. Tabacum*, ont été semées également, cette année, dans l'oasis de Gabès, en même temps que celles du tombak des Alaouites que nous avions récoltées en 1925.

Or les plants que nous avons obtenus en juillet au Jardin botanique de Marseille, avec les graines de Tripolitaine, et qui sont à feuilles bien pétiolées, très velues, à fleurs jaunes avec corolle hypocratérimorphe, et non infundibuliforme, appartiennent nettement au *Nicotiana rustica*.

Et cette espèce, contrairement à l'ancienne opinion de Lock, et conformément aux résultats récemment publiés par MM. Thatcher, Streeter et Collinson, est bien à feuilles riches en nicotine, car d'après les renseignements que veut bien nous communiquer M. le Directeur des Tabacs de Tunisie, les plants cultivés à Gabès, à la capacité de 40000 à l'hectare, ont une teneur de 6 à 12 pour 100 d'alcaloïde, suivant la qualité des feuilles. La sorte ne se distinguerait guère, sinon par un peu plus de vigueur, de celle dite Soufi déjà cultivée dans l'oasis de Gabès.

Bien inférieur à cette sorte serait alors, sans doute, le tombak des Alaouites, car le dosage de la nicotine n'a pas encore été fait à Tunis, mais on le considère, par son seul aspect, comme « un tabac relativement léger, convenant à la coupe, et ne devant pas se différencier sensiblement des autres variétés de même espèce rencontrées en Orient ou cultivées en Tunisie. A la capacité de 45000 à l'hectare, il ne doit pas donner plus de 2,5 à 3 pour 100 de nicotine. »

Nous n'avons aucune raison de supposer que ce tabac des Alaouites, dont nous avons donné jadis les caractères, bien différents de ceux du doukhane, ou tabac ordinaire, de la même région, n'est pas un tombak, puisqu'il nous a été envoyé sous ce terme. Mais il en faudrait bien, dès lors, conclure — ce qui n'est pas invraisemblable — que le terme de « tombak » correspond, non à un tabac, mais à une catégorie de tabacs.

Deux faits viennent encore à l'appui de cette opinion : nous savons qu'en Perse les tombaks récoltés sont de qualités très différentes suivant les centres de culture; d'autre part, M. le Directeur des Tabacs de Tunisie a encore eu l'obligeance de nous communiquer des feuilles de tombak provenant de Perse, et ces feuilles ne sont pas pétiolées, n'appartiennent donc pas au *Nicotiana rustica*.

Nous avons l'espoir de résoudre définitivement la question au cours de l'année prochaine, car des graines des diverses variétés persanes nous ont été promises.

Mais dès maintenant nous avons cru devoir insister sur ce point qu'il est vraisemblablement différents tombaks.

Remarquons d'ailleurs que ces tabacs à forte teneur en nicotine n'intéressent pas seulement les pays où est fumée la pipe à eau; ils sont intéressants pour nous à un autre point de vue.

Viticulteurs et horticulteurs se plaignent actuellement de l'insuffisance de la production, en France, de la nicotine, puisque cette production est inférieure d'environ 50 pour 100 aux besoins déclarés.

La Confédération générale des vignerons de Bourgogne émettait récemment le vœu que la culture des tabacs à forte proportion d'alcaloïde fût encouragée en France et dans nos colonies.

L'étude des tombaks peut donc contribuer à la solution du problème; et des observations précédentes il résulte déjà que nous aurions sans doute tout de suite, avec le *Nicotiana rustica*, dont il est facile de se procurer les graines, une espèce correspondant aux *desiderata* actuels, puisque nous avons dit sa grande richesse en nicotine.

M. **Tullio Levi-Civitä**, en son nom et en celui de M. **Ugo Amaldi**, fait hommage à l'Académie d'un ouvrage intitulé *Lezioni di Meccanica razionale*. Volume secondo, *Dinamica dei sistemi con un numero finito di gradi di libertà*. Parte prima.

NOMINATIONS.

MM. **A. Vayssière**, **Louis Fabry**, **H. Jumelle** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du deuxième centenaire de la fondation de l'*Académie des sciences, lettres et beaux-arts de Marseille*, qui aura lieu vers le 20 novembre 1926.

CORRESPONDANCE.

M. E. Carré transmet les manuscrits scientifiques laissés à l'Académie par M. le capitaine de frégate Alfred Devoir.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Théorie générale des séries de Dirichlet, par G. Valiron, formant le fascicule XVII du *Mémorial des Sciences mathématiques.* (Présenté par M. J. Hadamard.)

CALCUL INTÉGRAL. — *Sur le calcul de l'aire des surfaces courbes.* Note de M. T. Radò, présentée par M. Émile Borel.

1. M. L. Tonelli a publié récemment une série de Notes sur la quadrature des surfaces courbes, contenant des résultats du plus haut intérêt et à plusieurs égards définitifs [1]. En combinant ses méthodes avec celles dont Zoard de Geöcze s'était servi dans ses recherches sur le même sujet [2], je suis arrivé au théorème qui fait l'objet de cette Communication, et qui établit un *procédé régulier de calcul pour l'aire*, au sens de Lebesgue, de toute surface continue donnée sous la forme $z=f(x, y)$.

2. Avant d'exposer ce théorème, rappelons quelques faits concernant la quadrature des surfaces courbes [3]. Soit $f(x, y)$ une fonction continue dans le carré fermé $Q: 0 \leqq x \leqq 1,\ 0 \leqq y \leqq 1$. L'aire de la surface $z=f(x, y)$ est égale, suivant la définition de M. Lebesgue, à la plus petite limite de l'aire au sens élémentaire, de surfaces polyédrales tendant vers la sur-

(1) M. Tonelli a résumé ses résultats dans une Note *Sur la quadrature des surfaces* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1198). Les démonstrations sont contenues dans quatre Notes parues aux *Rendiconti della Accademia dei Lincei*, serie 6ª, 3, 1926, p. 357, 445, 633, 714.

(2) Z. de Geöcze, *Quadrature des surfaces courbes*, Thèse, Paris, 1908 ; réimprimée aux *Math. u. naturw. Berichte aus Ungarn*, 26, 1910, p. 1-88.

(3) *Loc. cit.* (1).

face donnée; désignons l'aire ainsi définie par $L_Q[f]$. Si $L_Q[f]$ est finie, la fonction $f(x, y)$ possède presque partout dans Q des dérivées premières $p(x, y)$ et $q(x, y)$, et la fonction $(1+p^2+q^2)^{\frac{1}{2}}$ est sommable dans Q. L'intégrale

$$\iint_{(Q)} (1+p^2+q^2)^{\frac{1}{2}} dx\, dy$$

existe donc toujours, si $L_Q[f]$ est finie, mais elle ne fournit pas en général l'aire $L_Q[f]$. Pour que l'on ait

$$L_Q[f] = \iint_{(Q)} (1+p^2+q^2)^{\frac{1}{2}} dx\, dy,$$

il faut et il suffit que $f(x, y)$ soit absolument continue; c'est le résultat principal de M. Tonelli.

Si $f(x, y)$ n'est pas absolument continue, l'intégrale double classique ne saurait donc servir au calcul de l'aire. Comment faut-il alors la calculer? Revenons à la définition de $L_Q[f]$, et soit $\Sigma_1, \Sigma_2, \ldots, \Sigma_n, \ldots$ une suite de surfaces polyédrales tendant vers la surface $z = f(x, y)$. Si l'on désigne par σ_n l'aire, au sens élémentaire, de Σ_n, on aura $\overline{\lim}\, \sigma_n \geqq L_Q[f]$, par définition. Mais pour calculer $L_Q(f)$, il faudrait savoir construire une suite Σ_1, $\Sigma_2, \ldots, \Sigma_n, \ldots$, telle que les aires σ_n tendent vers la plus petite limite possible $L_Q[f]$. Malgré les profondes recherches de Zoard de Geöcze, il paraît que l'on ne sait pas indiquer la construction générale d'une telle suite, de sorte que la définition de l'aire ne fournit aucun moyen de la calculer.

3. Dans une Note récente, M. Lebesgue a soulevé de nouveau le problème d'indiquer un procédé régulier général de calcul pour l'aire [1]. J'ai trouvé que l'on obtient un procédé de calcul, valable pour toute surface continue $z = f(x, y)$, en utilisant certaines expressions introduites par Zoard de Geöcze, expressions que je vais faire connaître.

Soit R un rectangle contenu dans Q et défini par $x' \leqq x \leqq x''$, $y' \leqq y \leqq y''$. Posons

$$\alpha_R[f] = \int_{x'}^{x''} |f(x, y'') - f(x, y')|\, dx, \qquad \beta_R[f] = \int_{y'}^{y''} |f(x'', y) - f(x', y)|\, dy,$$

$$\gamma_R = (x'' - x')(y'' - y') = \text{aire de R}, \qquad g_R[f] = [(\alpha_R[f])^2 + (\beta_R([f])^2 + \gamma_R)^2]^{\frac{1}{2}}.$$

Désignons par D une décomposition de Q en rectangles, et posons

$$G_Q[f;\, D] = \Sigma g_R[f],$$

---

(1) H. LEBESGUE, *Sur la définition de l'aire* (*Fundamenta Mathematicæ*, 8, 1926, p. 160).

la sommation étant étendue à tous les rectangles de la décomposition D. On a alors le théorème suivant.

THÉORÈME. — *Soit* $D_1, D_2, \ldots, D_n$ *une suite de décompositions du carré* Q, *telle que le diamètre maximum des rectangles de la décomposition* D_n *tend vers zéro. Alors on a, sous la seule hypothèse de la continuité de* $f(x, y)$,

$$\lim_{n \to \infty} G_Q[f; D_n] = L_Q[f].$$

D'une manière précise, la limite dans le premier membre existe toujours, elle est finie ou bien infinie positive, et elle est égale dans chacun de ces deux cas à l'aire $L_Q[f]$.

4. Ce théorème donne un procédé régulier général très simple pour calculer l'aire. Pour le cas où $f(x, y)$ satisfait à une condition de Lipschitz, ce théorème a été démontré par Geöcze; pour le cas où $f(x, y)$ est absolument continue au sens de M. Tonelli, ce théorème est un corollaire facile des résultats mentionnés plus haut de cet auteur. Je remarque encore que M. Tonelli se sert de certaines sommes analogues aux sommes de Geöcze $G_Q[f; D]$, mais plus compliquées; il résulte de notre théorème immédiatement que ces sommes de M. Tonelli convergent aussi vers l'aire $L_Q[f]$.

5. Ajoutons encore une remarque sur la signification géométrique des expressions introduites par Geöcze. En désignant par Φ_R la portion de surface située au-dessus du rectangle R, on reconnaît que $\alpha_R[f]$, $\beta_R[f]$ sont des valeurs approchées de l'aire des projections de Φ_R sur les plans xz, yz. Comme γ_R est l'aire de la projection de Φ_R sur le plan xy, $g_R[f]$ est une valeur approchée de l'aire de Φ_R, et finalement $C_Q[f; D]$ est une valeur approchée de l'aire de la surface entière $z = f(x, y)$. Le calcul de l'aire d'une surface à l'aide des sommes de Geöcze correspond donc au calcul de l'arc d'une courbe à l'aide de polygones inscrits.

6. La démonstration du théorème du n° 3 sera développée dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La continuité des transmutations distributives et l'extension d'une transmutation définie pour les polynomes.* Note [1] de M. **PAUL FLAMANT**, transmise par M. Émile Borel.

Une transmutation distributive est une opération faisant correspondre à une fonction objet $\varphi(x)$, une fonction résultat $T\varphi(x)$, de manière à satis-

[1] Séance du 27 septembre 1926.

faire aux conditions

$$T[\varphi(x)+\psi(x)]=T\varphi(x)+T\psi(x), \qquad T[c\varphi(x)]=cT\varphi(x).$$

M. S. Pincherle, dans ses beaux travaux, a étudié ces opérations sans introduire le concept de continuité. C. Bourlet, au contraire, l'a fait intervenir, mais sans définition précise ([1]). J'indique dans la présente Note une définition assez générale et les résultats auxquels elle m'a conduit.

I. Je regarde les fonctions, objets d'une part, résultats d'autre part, comme des *vecteurs abstraits*, au sens de M. M. Fréchet ([2]), la multiplication par un nombre complexe étant admise, et la longueur satisfaisant à la condition

$$\|\varphi(x)+\psi(x)\| \leqq \|\varphi(x)\|+\|\psi(x)\|.$$

Pour marquer cette particularité, je substitue le mot *norme* au mot longueur. Voici une manière générale de définir la norme pour des fonctions qui existent en tout point d'un ensemble E, deux d'entre elles n'étant pas considérées comme distinctes si elles coïncident sur E; on attache un nombre positif $t(x)$ à tout point de E, et l'on prend pour $\|\varphi(x)\|$ la borne supérieure de $|\varphi(x)|:t(x)$. Pour des fonctions holomorphes dans un domaine fermé, $t(x)\equiv 1$ donne pour norme le module maximum. Pour des fonctions entières, je prends t fonction de $|x|=r$, les fonctions qui ne dépassent pas le *type de croissance* $t(r)$ peuvent seules être considérées.

Une transmutation distributive est continue si la norme du résultat tend vers zéro avec celle de l'objet. J'appellerai transmutation *linéaire* une transmutation distributive continue.

II. Peut-on définir une transmutation linéaire en prenant arbitrairement $T_1=\xi_0(x)$, $T_x=\xi_1(x)$, $Tx^2=\xi_2(x)$, ..., $Tx^n=\xi_n(x)$, ..., les $\xi_n(x)$ étant des fonctions analytiques ayant un domaine d'existence commun? Par son caractère distributif, T est définie pour les polynomes. *Quelle que soit la définition adoptée pour la norme des résultats, il est toujours possible de définir la norme des objets de manière que* T *soit continue pour les polynomes*, et puisse par suite être étendue à d'autres fonctions. Deux cas sont à distinguer :

1° Les $\sqrt[n]{\|\xi_n(x)\|}$ sont bornées supérieurement. Il existe alors un domaine A tel que T soit discontinue si l'on prend pour norme des objets le module maximum dans un domaine intérieur à A, et continue si l'on prend ce module dans un domaine englobant A. La transmutation linéaire T peut être étendue

---

([1]) *Annales de l'École Normale*, 3e série, 14, 1897, p. 133.

([2]) *Acta mathematica*, 47, 1926, p. 25.

à toute fonction $\varphi(x)$ holomorphe dans un domaine B englobant A par la formule

$$\mathrm{T}\varphi(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{A'} \xi(x, z)\varphi(z)\,dz,$$

où A′ est une courbe entourant A et intérieure à B, et

$$\xi(x, z) = \frac{\xi_0(x)}{z} + \frac{\xi_1(x)}{z^2} + \frac{\xi_2(x)}{z^3} + \ldots + \frac{\xi_n(x)}{z^n} + \ldots = \mathrm{T}\frac{1}{z - x}.$$

2° Les $\sqrt[n]{\|\xi_n(x)\|}$ ne sont pas bornées. Il existe au moins une fonction $t(r)$ telle que si l'on définit la norme des objets en prenant pour type de croissance $t(sr)$, T soit continue pour $s < 1$ et discontinue pour $s > 1$. La transmutation linéaire T peut être étendue à toute fonction entière de croissance inférieure à un type $t(sr)$, $s < 1$, en transmutant terme à terme la série de Taylor en un point quelconque du plan.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur l'importance du rendement de combustion dans les moteurs à explosion.* Note de M. **Paul Dumanois** présentée par M. Rateau.

Nous avons eu l'occasion de montrer que, selon les différents carburants employés, la limite de compression volumétrique résultait, soit de l'auto-allumage par compression adiabatique, soit de la détonation, soit de l'allumage par point chaud.

En ce qui concerne cette dernière limite, l'amélioration des procédés de refroidissement du moteur permet d'y remédier; la détonation, ainsi que nous l'avons montré, peut être éliminée soit par les antidétonants, soit par des procédés physiques agissant sur la chambre de combustion. Enfin l'auto-allumage peut être maîtrisé par l'adjonction de corps ayant une chaleur de vaporisation élevée ou ayant eux-mêmes une grande résistance aux phénomènes d'auto-allumage.

Ceci étant, un carburant qui donne lieu, en fonctionnement normal, pour des compressions légèrement supérieures aux compressions usuelles, à l'un des phénomènes ci-dessus envisagés, aura une combustion d'autant plus irrégulière que les conditions de fonctionnement résultant soit d'augmentation de température, soit de diminution d'allure à plein couple, le mettront dans un état plus proche de celui où se produit le phénomène en question. Autrement dit, il n'y a pas discontinuité brutale entre le fonc-

tionnement normal et l'impossibilité de fonctionnement. Par conséquent, le rendement de la combustion dans un moteur sera d'autant meilleur que les limites ci-dessus pourront être reculées davantage.

A un autre point de vue, si l'on envisage la combustion normale, le rendement de la combustion est d'autant plus élevé que les calories sont libérées plus rapidement, c'est-à-dire, que le combustible est mieux pulvérisé et l'air carburé plus homogène.

Une première vérification de ces hypothèses a été faite lors des essais que nous avons effectués en 1922 sur les mélanges d'alcool éthylique et d'essence de pétrole.

C'est ainsi que, avec un carburant contenant 90 pour 100 d'essence et 10 pour 100 d'alcool éthylique ayant un pouvoir calorifique de 10100^{cal} au kilogramme, la puissance, pour une même consommation en poids, est légèrement supérieure à celle réalisée avec l'essence pure, ayant un pouvoir calorifique de 10600^{cal} au kilogramme, ce qui indique nettement une meilleure utilisation des calories.

Si les théories ci-dessus sont exactes, le phénomène doit être encore plus sensible avec l'alcool méthylique qui est plus volatil que l'alcool éthylique et qui, à la température ordinaire, a une tension de vapeur double de celle de l'alcool éthylique, à la condition toutefois que l'on puisse reculer suffisamment la limite d'auto-allumage, phénomène auquel, ainsi que nous l'avons montré en 1925, l'alcool méthylique est très sensible.

C'est ce que nous avons pu vérifier avec un carburant contenant 70 pour 100 d'alcool méthylique ayant un pouvoir calorifique de 6150^{cal} au kilogramme, une densité de 0,8, utilisé dans une voiture de 10 ch de série en service depuis 1921 et pesant ordre de marche 1270^{kg}.

Cette voiture, avec l'essence, consomme aux 100^{km} $9^{l},8$ d'essence de 10600^{cal} de pouvoir calorifique et atteint difficilement 80^{km} à l'heure.

Sur un parcours de 1000^{km} la consommation aux 100^{km} a été inférieure à $12^{l},8$ de carburant à l'alcool méthylique et la vitesse, maintenue presque constamment au delà de 70^{km} à l'heure, a pu être poussée jusqu'au voisinage de 90^{km}. Dans ces conditions l'économie de calories ressort à 15 pour 100.

Au cours de cet essai, d'ailleurs, une vérification immédiate de la meilleure utilisation des calories a été donnée par la température de l'eau du radiateur notablement moins élevée qu'avec l'essence. C'est ainsi que, par une température ambiante de 30°, il a été possible de faire, sans ventilateur, une étape de 105^{km} sans que la température de l'eau du radiateur dépassât 75°.

Les considérations ci-dessus montrent que, pour étudier le rendement économique d'un carburant, la connaissance du pouvoir calorifique est absolument insuffisante et qu'il faut introduire la notion du rendement de combustion dans lequel interviennent à la fois la constitution physique du mélange et ses propriétés chimiques vis-à-vis des phénomènes limitateurs de compression.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Application de la quantification déduite de la Gravifique einsteinienne.* Note de M. **Th. De Donder**, présentée par M. Hadamard.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré, dans l'espace-temps, comment on pouvait déduire la quantification des systèmes moléculaires de la Gravifique einsteinienne. Nous nous proposons maintenant d'appliquer cette méthode à la quantification d'un électron se mouvant dans un champ gravifique et électromagnétique quelconque.

Reportons-nous à l'équation (360) de la *Gravifique einsteinienne* [2], à savoir

$$(1) \qquad -\mathrm{H} = c^2 m' \mathrm{V}^{-1} \sum_{a=1}^{4} g_{a4} v^a + e' \Phi_4,$$

où e' et m' sont la charge et la masse de l'électron au repos. Supposons que la fonction hamiltonienne H soit indépendante du temps t; alors, H est un invariant du mouvement de l'électron considéré. Posons

$$(2) \qquad -\mathrm{H} \equiv c(\mathrm{E} + c^2 m');$$

en vertu de (1), nous pouvons dire que E est l'énergie totale de l'électron en mouvement, non compris son contenu énergétique $c^2 m'$.

Considérons aussi l'équation (362) de la *Gravifique* citée ci-dessus; à savoir :

$$(3) \qquad \sum_\alpha \sum_\beta g^{\alpha\beta}(p_\alpha - e'\Phi_\alpha)(p_\beta - e'\Phi_\beta) - (c^2 m')^2 = 0 \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, 3, 4).$$

Remplaçons p_4 par sa valeur $-\mathrm{H}$, c'est-à-dire $c(\mathrm{E} + c^2 m')$; d'où l'équa-

---

(1) Th. De Donder et Fr. H. van den Dungen, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 22-24.

(2) Th. De Donder, *La Gravifique einsteinienne*, Paris, Gauthier-Villars, 1921, p. 85.

tion de Jacobi, en posant $kS = ln\Psi$,

$$(4)\quad \begin{aligned} I \equiv & \sum_i \sum_j g^{ij}\left(\frac{\partial\Psi}{\partial x_i} - e'\Phi_i k\Psi\right)\left(\frac{\partial\Psi}{\partial x_j} - e'\Phi_j h\Psi\right) \\ & + 2k\Psi \sum_i g^{4i}(cE + c^3 m' - e'\Phi_4)\left(\frac{\partial\Psi}{\partial x_i} - e'\Phi_i k\Psi\right) \\ & + k^2\Psi^2[g^{44}(cE + c^3 m' - e'\Phi_4)^2 - (c^2 m')^2] = 0 \\ & (i, j = 1, 2, 3). \end{aligned}$$

Comme nous l'avons fait dans notre Note citée ci-dessus, annulons la dérivée variationnelle de $I\sqrt{-g}$ par rapport à Ψ; d'où

$$(5)\quad \begin{aligned} \Delta\Psi - k\Psi \Big[& e'\mathfrak{D} + k\mathcal{E}e'^2 - k(c^2 m')^2 + kg^{44}(cE + c^3 m' - e'\Phi_4)^2 \\ & - 2k\sum g^{4i}(cE + c^3 m' - e'\Phi_4)e'\Phi^i \\ & + \sum_i \frac{\partial}{\partial x_i}[g^{4i}(cE + c^3 m' - e'\Phi_4)]\Big] = 0. \end{aligned}$$

où nous avons posé

$$(6)\quad \left\{ \begin{aligned} \Delta\Psi & \equiv \frac{1}{\sqrt{-g}} \sum_i \sum_j \frac{\partial}{\partial x_i}\left(g^{ij}\sqrt{-g}\frac{\partial\Psi}{\partial x_i}\right) \\ \mathfrak{D} & \equiv \frac{1}{\sqrt{-g}} \sum_i \sum_j \frac{\partial}{\partial x_i}(g^{ij}\sqrt{-g}\,\Phi_j) \\ \mathcal{E} & \equiv \sum_i \sum_j g^{ij}\Phi_i\Phi_j \qquad (i, j = 1, 2, 3) \end{aligned} \right.$$

L'équation aux dérivées partielles du second ordre en Ψ fournira la quantification de l'électron considéré.

Comme *exemple*, prenons *un champ de Minkowski* dans lequel l'électron se meut; l'équation (5) devient:

$$(7)\quad \Delta\Psi - k\Psi\left[e'\left(ke'\mathcal{E}\frac{1}{c^2}\frac{\partial\Phi_4}{\partial t} + k2m'e^2\left(E - \frac{e'\Phi^4}{c}\right) + k\left(E - \frac{e'\Phi_4}{c}\right)^2\right]\right. = 0.$$

Si nous supposons enfin que $\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3 = 0$, on aura, *en première approximation*

$$(8)\qquad \Delta\Psi - k^2\Psi\, 2m'c^2(E - V) = 0$$

où l'on a posé $V \equiv \frac{e'\Phi_4}{c}$. L'équation (8) est celle utilisée par M. E. Schrödinger [1] dans sa mécanique ondulatoire.

---

[1] E. SCHRÖDINGER, *Annalen der Physik*, 79, 1926, p. 361-376. Voir spécialement équations (5), (23) et (24).

PHOTOCHIMIE. — *Action des rayons ultraviolets sur la laine.* Note (¹) de MM. L. MEUNIER et G. REY, transmise par M. V. Grignard.

Nous avons pu nous rendre compte que sous l'action des rayons ultraviolets, la labilité du soufre de la laine était considérablement accrue et que le soufre libéré était transformé principalement en acide sulfureux, lequel pouvait ensuite s'oxyder partiellement à l'état d'acide sulfurique, facile à caractériser dans l'eau d'épuisement. D'ailleurs, en procédant à des touches, directement, sur un tissu de laine *neutre*, dont une portion seulement a été insolée, avec du rouge de méthyl, indicateur dont les virages ont lieu au voisinage du point iso-électrique de la laine, on constate que les portions insolées ont un pH plus acide.

Les faits peuvent être parfaitement mis en évidence en comparant les réactions d'une laine neutre soumise à l'action des rayons ultraviolets avec celles d'une laine non insolée blanchie au soufre.

1° *Test au nitro-prussiate d'Arnold.* — On observe une réaction positive avec les deux échantillons.

2° *Test à la quinone.* — La laine *neutre* se colore lentement en violet dans les solutions aqueuses de quinone, tandis qu'elle se colore rapidement en jaune si elle a été préalablement insolée.

Cette réaction est d'une très grande sensibilité, une exposition de quelques minutes du tissu neutre à 50^{cm} d'une lampe à vapeurs de mercure de 3500 bougies (ou d'une demi-heure au soleil) suffit pour que la coloration jaune se manifeste.

Nous avons d'ailleurs mis à profit la facilité des dosages de la quinone et de l'hydroquinone dans les solutions pour étudier comparativement la fixation de la quinone et la formation d'hydroquinone conséquente (²), d'une part, avec de la laine neutre non insolée, d'autre part, avec la même laine après insolation. Les courbes établies en fonction du temps, montrent que la fixation de la quinone et la formation d'hydroquinone sont beaucoup plus actives dans le cas de la laine insolée qu'avec la laine non insolée.

Si l'on soumet une laine blanchie au soufre à l'action d'une solution

(¹) Séance du 27 juillet 1926.

(²) La réaction de la quinone sur les matières protéiques détermine d'abord une oxydation de celles-ci avec formation d'hydroquinone, puis la protéine oxydée se combine ensuite avec la quinone en excès (MEUNIER et SEYEWETZ, *Comptes rendus*, **146**, 1908, p. 987).

aqueuse de quinone, on obtient immédiatement la coloration jaune et, d'autre part, la courbe de fixation de la quinone et de formation de l'hydroquinone, en fonction du temps, se rapproche de celle de la laine insolée.

3° *Test à l'alloxane et à la ninhydrine.* — L'alloxane possède la propriété d'oxyder les amino-acides et les protéines en se réduisant elle-même en alloxantine, qui donne avec l'ammoniaque la belle coloration rouge de murexide.

Si l'on place un petit mouchet de laine pure neutre ($0^g,2$) dans 10^{cm^3} d'eau distillée et 15^{cm^3} d'une solution d'alloxane à 1 pour 100, on voit apparaître, lentement à froid, rapidement à chaud, la couleur rouge, alors que si l'on opère avec de la laine insolée ou de la laine blanchie au soufre, la réaction est négative ou très lente. La réaction est encore plus sensible avec la ninhydrine. Cet hydrate du triketohydrindène agit exactement comme l'alloxane pour conduire finalement à un sel d'ammonium bleu très intense :

$$CO\left\langle\begin{matrix}NH - CO\\NH - C\end{matrix}\right\rangle C - N = N - C\left\langle\begin{matrix}CO - NH\\CO - NH\end{matrix}\right\rangle CO. \quad (C - O - NH^4)$$

Murexide rouge.

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO\\C\end{matrix}\right\rangle C - N = C\left\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4. \quad (C - O - NH^4)$$

Sel d'ammonium bleu avec la ninhydrine.

Dans les deux cas, c'est donc vraisemblablement SO^2 de la laine insolée qui s'oppose à l'oxydation du protide par le réactif et empêche le développement de la couleur correspondante. Il suffit d'épuiser à l'eau distillée chaude les échantillons, blanchis au soufre ou insolés, pour voir réapparaître la réaction, par suite du départ de SO^2.

4° *Test aux dérivés nitrés.* — L'augmentation de la labilité du soufre et des propriétés réductrices de la laine par l'insolation peut être mise en évidence vis-à-vis de certains dérivés nitrés, de carbures ou de phénols qui sont ainsi partiellement transformés en amines que l'on peut caractériser en les diazotant et en les transformant en matières colorantes azoïques.

La réaction est facile à réaliser en opérant avec le métadinitrobenzène, ou mieux, avec la métanitraniline : $0^g,2$ de laine neutre, insolée et non insolée, sont mis chacun dans un tube à essais avec 10^{cm^3} de carbonate de soude $\frac{N}{2}$; on y ajoute deux gouttes d'une solution saturée de métanitraniline et l'on chauffe au bain-marie bouillant pendant quelques minutes. On acidifie la

liqueur décantée avec l'acide acétique, et, après refroidissement, on ajoute deux gouttes de nitrite de soude N. La diamine se diazote et se copule sur elle-même en donnant une coloration brune (brun Bismarck) beaucoup plus intense dans le cas de la laine insolée que dans le cas de celle qui ne l'est pas.

Applications. — *a.* Les pointes de laine recevant davantage de lumière que le corps de la fibre, il y avait lieu de prévoir que ces pointes se comporteraient différemment vis-à-vis des réactifs précités. C'est ce que nous avons vérifié expérimentalement.

En outre, nous avons constaté que l'action des rayons ultraviolets sur la laine fait disparaître progressivement la fluorescence violette qu'elle présente, avant insolation, lorsqu'on l'examine à la lumière de Wood.

b. Nous avons examiné les propriétés tinctoriales de la laine insolée comparativement à celles de la même laine avant insolation. Contrairement à Von Bergen (1), nous n'avons pas pu, jusqu'ici, établir une relation entre la constitution de la matière colorante et l'augmentation ou la diminution de teinte sur la partie insolée. La règle qu'il a proposée nous paraît présenter trop d'exceptions pour qu'on puisse la retenir.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effet des rayons alpha sur les solutions sursaturées.* Note (2) de M. **W.-J. Richards**, transmise par M. Jean Perrin.

L'utilité de l'appareil de C.-T.-R. Wilson est bien établie; un appareil semblable rendant visibles les trajectoires des rayons α dans les liquides aurait une importance évidente. Notamment, un beaucoup plus grand nombre de substances pourraient être étudiées, surtout parmi les composés des éléments lourds.

Bien que divers travailleurs aient dû avoir cette idée, je n'en ai pas trouvé trace dans la bibliographie. Pourtant l'accroissement observé du nombre des germes cristallins, dans le soufre surfondu, sous l'action des rayons β (3) et le fait connu que le verre est dévitrifié par les rayons α, permettent d'espérer un succès dans ce sens.

Des solutions sursaturées de solides (cristallins ou amorphes), de

(1) Von Bergen, *Melliand's Textilberichte*, 6, octobre 1925, p. 745.

(2) Séance du 30 août 1926.

(3) Frischauer, *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1251.

liquides, et de gaz, peuvent être obtenues en milieu liquide. La cessation de la sursaturation est fonction de deux facteurs indépendants : l'apparition de germes et la solubilité des germes une fois formés. Le second de ces facteurs semble discuté de façon satisfaisante par la thermodynamique, la solubilité d'un germe de rayon donné étant proportionnelle à la tension superficielle (Gibbs, Oswald, Freundlich). Mais la discussion des conditions qui permettent l'apparition d'un germe assez gros pour que la vitesse d'accroissement l'emporte sur la vitesse de dissolution est un problème plus complexe.

Les corps étrangers favorisent souvent la formation des germes. La présence de bulles d'un gaz quelconque fait cesser la sursaturation d'une solution d'un autre gaz; des poussières, chargées électriquement par contact avec une solution, adsorbent des molécules de la substance dissoute, lui permettant ainsi de former immédiatement des particules bien plus grandes qu'en leur absence; cet effet doit être plus considérable avec une solution sursaturée d'un liquide dans un liquide que pour celle d'un cristal dans un liquide, à cause de l'état non coordonné des germes liquides, plus facile à produire par hasard que l'état d'organisation orientée des germes cristallins.

Une particule α produit localement trois effets intenses : ionisation, échauffement, et choc mécanique. Il semble raisonnable de supposer qu'une particule α pourra faire cesser la sursaturation dans les liquides, par suite de l'un de ces effets, d'une façon semblable à celle qui a été complètement expliquée dans le cas des vapeurs (Thomson, Wilson, etc.).

Mes expériences préliminaires ont porté sur plusieurs classes de solutions sursaturées. Les sources utilisées étaient de faibles dépôts de polonium sur des surfaces d'argent; le but des expériences était de voir si le procédé était suffisamment sensible pour rendre visibles les trajectoires des particules α et non de déceler leur effet global. Le degré de sursaturation s est exprimé par le rapport du nombre de grammes de la substance anhydre dissous dans la solution sursaturée, à la solubilité (en grammes de substance anhydre) de la modification stable à la température considérée.

A. *Solides*. — Électrolytes dans l'eau avec coefficients de température de solubilité positifs et négatifs. Résultats négatifs notamment avec : $Na^2SO^4, 10HO$ ($s = 4,2$ à 10°); K^2SO^4 ($s = 2,2$ à 10°); $CaCrO^4$ ($s = 40,0$ à 80°); Li^2CO^3 ($s = 2,3$ à 5°). Le cas du chromate de calcium est particulièrement frappant.

Non-électrolytes dans l'eau : pour le sucre ($s = 2,2$ à 10°, solution vis-

queuse où la cristallisation est très lente), la faible radiation utilisée ne favorisait pas la formation des germes.

Un résultat négatif fut aussi observé dans le cas de salol surfondu à 15°, contrairement à ce qu'on pouvait espérer d'après les faits relatifs au soufre surfondu et au verre.

B. *Liquides.* — Le seul cas jusqu'ici connu de sursaturation liquide-liquide est celui du sulfure de carbone dans l'eau ([1]) qu'il n'était pas facile d'étudier. Mais j'ai obtenu une solution analogue et plus fortement sursaturée avec de la paraffine dure dissoute dans le tétrachlorure de carbone (les germes qui apparaissent, faits de paraffine surfondue, sont liquides), et la sursaturation semble détruite par les rayons α au voisinage de la limite de métastabilité, résultat qui devra être confirmé.

C. *Gaz.* — Sans doute parce que la différence entre les phases est plus profonde que dans le groupe B, des résultats positifs plus marqués ont été obtenus pour les gaz. Il naissait deux fois plus de bulles sur une surface d'argent activée que sur une surface égale inactive, pour un abaissement donné de pression au-dessus d'une solution aqueuse de gaz carbonique saturée à la pression atmosphérique. Des résultats semblables furent obtenus avec d'autres gaz et d'autres solvants. La formation de bulles ne convient du reste pas à l'observation individuelle des trajectoires.

D. *Précipitations chimiques.* — L'auto-oxydation du chlorate d'argent est accélérée par les rayons α, mais la sensibilité est insuffisante. D'autre part, quoique les rayons α décomposent la paraffine liquide assez vite pour qu'un petit tube contenant 20^{mg} de radon détermine un dégagement continu de bulles (travail non publié), l'examen microscopique de la surface du tube montra une foule de petites bulles et non des trajectoires individuelles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les états limites des alliages.* Note ([2]) de M. **Louis Grenet**, transmise par M. G. Charpy.

L'étude des alliages est généralement effectuée dans des conditions qui permettent de fixer des caractéristiques utiles, mais non de préciser leur état intime. Ces déterminations étant nombreuses, correspondant à des conditions d'équilibre physiques et chimiques variées, la facilité avec laquelle on les groupe peut servir d'appui à une conception directrice.

([1]) Davis, *J. Am. Chem. Soc*, 38, 1916, p. 1166.

([2]) Séance du 27 septembre 1926.

Les ferroaluminiums et les ferrosiliciums riches en fer, les ferrocobalts et les ferronickels existent sous deux états cristallins, l'état γ (réseau cube à faces centrées), les états α et β (cube centré). On n'a jamais réussi à tracer un diagramme complet fixant en fonction de la température et de la composition chimique les frontières des phases. Cette impossibilité de tracer une frontière tient à ce que les propriétés qui servent à différencier les phases de noms distincts deviennent voisines; le rapprochement de propriétés des phases est lié à ce que nous appelons des anomalies dans la loi qui lie propriétés à conditions d'équilibre (anomalies thermiques, magnétiques, dilatométriques).

Pour les ferrocobalts trop peu étudiés et surtout pour les ferroaluminiums et ferrosiliciums les phénomènes sont à peu près réversibles, l'impossibilité de tracer une frontière entre les phases apparaît ainsi liée à l'affaiblissement continu des indices de la transformation [1].

Si réellement les phases de noms distincts deviennent graduellement identiques, l'existence d'un état limite découle par définition de cette identification qui doit porter sur toutes leurs caractéristiques. Or, on admet difficilement que deux réseaux cristallins nettement différents puissent devenir graduellement identiques; c'est ce qui nous a poussé à admettre, pour classer les faits connus, une identification à peu près complète des phases; malgré la dissemblance des réseaux cristallins, cette conception d'états quasi-limites nous satisfait peu et nous croyons devoir examiner les raisons qui s'opposent à admettre l'existence de véritables états limites.

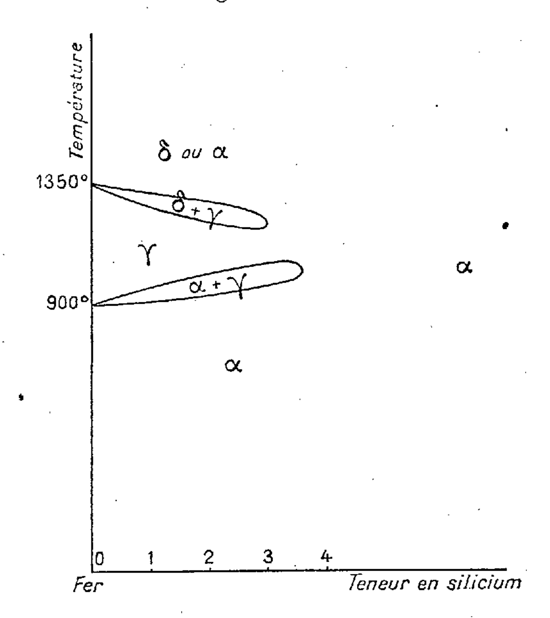
Au point de vue expérimental, on n'a jamais observé dans l'étude des alliages ferreux de forme intermédiaire entre les états α et γ, mais il faut remarquer qu'au voisinage des états limites, il suffit de faibles pressions pour faire varier les paramètres, et comme un agrégat de cristaux ne peut subsister sans dislocations que si la forme cristalline ne varie pas, on peut admettre qu'il se produit fréquemment une sorte de compromis entre le maintien de la forme du réseau avec quelquefois quelques distorsions et le maintien de la texture micrographique avec quelquefois des traces d'efforts rendant apparents les plans de clivage, cette interprétation semble s'accorder avec les faits connus. De plus l'existence d'états limites n'ayant pas été envisagée, les investigations à ce point de vue ont été trop peu nombreuses

---

(1) Charpy et Cornu Thénard, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1240. — Sansfourche, *Revue de Métallurgie*, 16, 1919, p. 216.

et les interprétations d'observations délicates n'ont pas été orientées dans ce sens.

A un autre point de vue, on admet généralement qu'une modification continue des caractéristiques d'un réseau cristallin n'est possible que si la symétrie du réseau reste inchangée.



Géométriquement, on peut envisager l'évolution continue d'un réseau à un autre dans le système triclinique, éléments de symétrie réduits à un centre, les systèmes plus riches en élément de symétrie (cubiques notamment) n'existant qu'accidentellement. Pour simplifier l'exposé, envisageons dans le système quadratique un prisme droit centré de hauteur h et de côté 1.

La variation du paramètre h de 1 à $\sqrt{2}$ fait passer le système du type cube centré au type cube à faces centrées. Ces symétries ne sont que pseudo-cubiques puisqu'elles ne portent pas sur les éléments d'évolution et que la dilatation des axes de symétrie apparente n'est pas la même. Si une telle évolution se produit sur un cristal, les faces parallèles resteront parallèles et la facilité relative de clivage suivant différents plans variera graduellement.

Pour admettre l'évolution continue de la phase α à la phase γ, il faut admettre que ces phases ne sont que pseudo-cubiques ou qu'une déchéance d'éléments de symétrie autres que le centre précède la transformation.

De telles hypothèses ne nous paraissent pas inadmissibles et permettraient d'envisager l'existence d'états limites dans les alliages.

Un diagramme tel que celui figuré, semblerait susceptible de classer les faits relatifs aux ferrosiliciums.

Il faut signaler l'intérêt de l'étude aux rayons X des ferrosiliciums.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le phénomène de Ludwig-Soret dans les alliages.* Note de M. **M. Ballay**, présentée par M. L. Guillet.

Le phénomène découvert par Ludwig et Soret (¹), c'est-à-dire l'hétérogénéité qui prend naissance dans les solutions inégalement chauffées, a été étudié surtout jusqu'ici dans les solutions de sels ou d'acides. Benedicks (²) a suggéré que ce phénomène pourrait être la cause, dans les alliages liquides, d'une ségrégation précédant la solidification.

Cette Note a pour but d'exposer les premiers résultats d'une étude entreprise sur l'effet Ludwig-Soret dans quelques alliages à l'état liquide et à l'état solide.

Alliages liquides. — Les alliages, fondus et rendus bien homogènes par agitation, étaient aspirés dans des tubes de silice fondue de 10^{mm} de diamètre intérieur et 140^{mm} de longueur. Ces tubes étaient vidés d'air après remplissage puis fermés au chalumeau. Chaque extrémité du tube était logée dans un bloc cylindrique de nickel de 50^{mm} de longueur, chauffé par un petit four électrique à enroulement de platine. Un couple thermo-électrique placé dans chaque bloc de nickel indiquait la température. Les expériences ont été faites, soit en tube vertical (la partie la plus chaude en haut), soit en tube horizontal. Dans ce dernier cas le tube était rétreint au chalumeau dans sa partie médiane pour diminuer les courants de convection. Dans tous les cas, les tubes ont été refroidis rapidement par soufflage d'air, pour fixer en fin d'expérience l'état obtenu.

Dans le tableau ci-après où sont résumés les essais, on a désigné par T et t les températures extrêmes adoptées pour chaque expérience.

Il se produit donc des variations de concentration importantes. Le dis-

(¹) Soret, *Archives des sciences physiques et naturelles*, 3ᵉ période, 2, 1879, p. 52.

(²) Benedicks, *Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, 71, 1925, p. 597.

positif expérimental paraît influer non seulement sur la vitesse des variations, mais aussi sur leur sens (cas de l'alliage eutectique).

La détermination des concentrations d'équilibre, à laquelle nous travaillons actuellement, est rendue délicate du fait de la lenteur avec laquelle s'établit l'équilibre et aussi par la conductibilité thermique très grande des alliages.

Alliages.	Disposition du tube.	Durée du chauffage.	T.	*t*.	Sn pour 100. Extrémité à T.	Sn pour 100. Extrémité à *t*.	Excès en Sn pour 100 de l'extrémité à T.
Pb = 90, Sn = 10..	Vertical	10h	900°	350°	10,10	9,81	0,29
	Horizontal	11	900	400	9,93	9,73	0,20
Pb = 36, Sn = 64 (eutectique).....	Vertical	11	900	200	64,85	63,35	1,50
	Vertical	11	900	200	64,05	62,37	1,68
	Horizontal	11	900	250	64,29	64,55	−0,26
	Horizontal	11	900	200	63,25	63,73	−0,48
Pb = 10, Sn = 90..	Vertical	10.30	900	350	90,47	89,36	1,11
	Horizontal	8.30	900	350	89,70	89,40	0,30
Sn = 20, Cd = 80..	Vertical	10.30	900	300	20,38	16,40	3,98

Alliages à l'état solide. — L'expérience a été faite sur un barreau cylindrique de 7^{mm} de diamètre et 160^{mm} de longueur d'alliage Pb : 48,8 ; Tl : 51,2. Ce barreau a été chauffé à une extrémité 336 heures à 360° (dans une étuve à Hg bouillant). La décroissance de température dans l'extrémité située en dehors de l'étuve a été déterminée à l'aide d'un couple thermo-électrique. Après chauffage, l'analyse des zones dont les températures étaient 200° et 310° a été faite :

	Pb pour 100.
Région chauffée à 310°...............	48,98
Région chauffée à 200°...............	48,32

De plus, avant chauffage, une analyse de chaque extrémité du barreau était faite. On a obtenu respectivement : Pb pour 100 = 48,86 et 48,78.

La variation de teneur en Pb du fait du chauffage est donc bien établie.

Conclusions. — L'effet Ludwig-Soret se fait sentir très nettement dans les alliages liquides et solides. Il convient donc d'en tenir compte dans une discussion générale du phénomène de ségrégation en se souvenant toutefois qu'il agit lentement et que la conductibilité thermique des alliages s'oppose, en général, à l'établissement de températures très différentes dans un bain liquide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés du harmalol et du harmol.* Note de MM. **V. Hasenfratz** et **R. Sutra**, présentée par M. Charles Moureu.

O. Fischer et Täuber (¹) ont établi que la harmaline $C^{12}H^{11}(OCH^3)N^2$ et la harmine $C^{12}H^9(OCH^3)N^2$ contiennent un groupement méthoxyle; sous l'action de HCl concentré, à 140°, elles se transforment respectivement en harmalol $C^{12}H^{11}(OH)N^2$ et en harmol $C^{12}H^9(OH)N^2$. Ces corps sont insolubles dans l'eau pure et dans l'eau ammoniacale; mais ils forment avec les alcalis caustiques des combinaisons solubles, décomposables par CO^2.

I. Nous avons étudié l'action de SO^4H^2 sur le harmalol et le harmol. Avec l'eau acidulée, on obtient le sulfate de harmalol

$$[C^{12}H^{11}(OH)N^2]^2SO^4H^2,\ 2H^2O,$$

longues aiguilles jaunes, peu solubles dans l'eau froide (fluorescence verte), plus solubles à chaud, et le sulfate de harmol

$$[C^{12}H^9(OH)N^2]^2SO^4H^2,\ 2H^2O,$$

aiguilles incolores très peu solubles (fluorescence violette) même dans l'eau bouillante. Ces faibles solubilités distinguent ces sulfates de ceux de harmaline et de harmine qui sont très solubles.

Tout autre est l'action de SO^4H^2 concentré; le harmalol à froid, le harmol au bain-marie se dissolvent dans cet acide. Les solutions obtenues, versées dans l'eau, donnent des précipités solubles dans NH^3. Ce sont des dérivés sulfoniques : l'acide *harmalolsulfonique*

$$C^{12}H^{10}(OH)N^2SO^3H,$$

fines aiguilles jaunes, communiquant à l'eau une légère fluorescence verte; en liqueur alcaline, il manifeste une fluorescence comparable, en coloration et en intensité, à celle de la fluorescéine; l'acide *harmolsulfonique*

$$C^{12}H^8(OH)N^2SO^3H,$$

très fines aiguilles incolores (fluorescence violette).

II. L'un de nous (²) a montré que la harmaline et la harmine pouvaient former des dérivés monobromés de substitution : d'une part, la bromo-

(¹) Fischer et Tauber, *D. ch. G.*, **18**, 1885, p. 402; **22**, 1889, p. 638.

(²) V. Hasenfratz, *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 215.

harmaline; d'autre part, la bromoharmine (P. F. 275°) et l'isobromoharmine (P. F. 203°), corps isomères dont les chlorhydrates se distinguent nettement; en effet, celui de bromoharmine est très soluble dans l'eau chaude et sa solution, par refroidissement, donne une masse gélatineuse, tandis que le chlorhydrate d'isobromoharmine est très peu soluble dans l'eau bouillante et se dépose, à froid, en aiguilles incolores.

En bromant une solution acétique de harmalol et de harmol, nous avons obtenu les bromhydrates des dérivés monobromés correspondants. Le bromhydrate de bromoharmalol $C^{12}H^{10}Br(OH)N^2$, HBr (aiguilles jaunes altérables au contact de l'eau pure) se purifie par cristallisation dans l'eau chargée de HBr. Le *bromoharmalol* s'obtient en projetant le bromhydrate solide dans une solution de CO^3Na^2; après agitation, la solution filtrée abandonne lentement de longues aiguilles jaune orangé qui, recueillies et abandonnées dans un dessiccateur prennent une teinte vermillon. Le *bromoharmalol* $C^{12}H^{10}Br(OH)N^2$ s'altère lentement à l'air et rapidement au contact de l'eau pure; chauffé, il se décompose avant de fondre; il se dissout dans les lessives alcalines, et forme des sels avec les acides : bromhydrate, chlorhydrate; celui-ci donne avec $PtCl^4$ le chloroplatinate de bromoharmalol $[C^{12}H^{10}Br(OH)N^2, HCl]^2PtCl^4 + 2H^2O$, aiguilles jaunes insolubles.

La bromuration du harmol conduit à deux dérivés monobromés isomères $C^{12}H^8Br(OH)N^2$, correspondant à ceux de la harmine mentionnés ci-dessus. Leur séparation est assez laborieuse; on abandonne à la cristallisation lente la solution de leurs chlorhydrates dans l'eau additionnée de HCl. Il se dépose d'abord des aiguilles incolores, denses, rayonnant autour d'un centre; pour des raisons indiquées plus loin, nous désignerons ce premier corps sous le nom de chlorhydrate d'isobromoharmol; une nouvelle addition de HCl à l'eau mère provoque le dépôt d'aiguilles ténues, incolores, de son isomère le chlorhydrate de bromoharmol.

Le *bromoharmol* et l'*isobromoharmol* s'obtiennent en traitant par NH^3 les solutions alcooliques chaudes de leurs chlorhydrates. Ce sont des aiguilles incolores, se décomposant par la chaleur avant de fondre, insolubles dans l'eau, solubles dans les alcalis, formant des sels avec les acides. Leurs chloroplatinates (aiguilles jaunes peu solubles) ont pour formule

$$[C^{12}H^8Br(OH)N^2, HCl]^2 PtCl^4, 2H^2O.$$

III. Nous pensions obtenir plus aisément le bromoharmol et l'isobromoharmol par déméthylation de la bromoharmine et de l'isobromoharmine.

Celles-ci, chauffées en tube scellé à 140°, avec HCl concentré, se transforment en corps phénoliques, mais, contre toute prévision, donnent dans les deux cas les fines aiguilles de chlorhydrate de bromoharmol. Ce résultat trouve son explication dans l'expérience suivante : lorsqu'on chauffe, à 160°, en tube scellé 0g,5 d'isobromoharmine (P.F. 203°) avec 14cm³ d'eau et 1cm³ de HCl concentré, il n'y a pas déméthylation. Il se forme un chlorhydrate soluble dans l'eau et se prenant en masse gélatineuse par refroidissement. La base régénérée (P.F. 275°) est identique à la bromoharmine. L'expérience montre aussi que le chlorhydrate d'isobromoharmol, sous l'action de HCl, à 140°, s'isomérise également pour donner naissance au chlorhydrate de bromoharmol.

En résumé, le harmalol et le harmol peuvent former avec SO^4H^2, soit des sulfates peu solubles, soit des acides sulfoniques, corps fluorescents, notamment l'acide harmalolsulfonique qui, en solution alcaline, présente une fluorescence comparable à celle de la fluorescéine. L'action du brome conduit à des dérivés monobromés de substitution : le bromoharmalol, dans le cas du harmalol et deux isomères, le bromoharmol et l'isobromoharmol, dans le cas du harmol. Il convient de mentionner la transformation de l'isobromoharmine et de l'isobromoharmol en leurs isomères correspondants : la bromoharmine et le bromoharmol.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La vaillantite, agent de sulfométhylation. Obtention d'un nouvel acide camphre-sulfonique actif.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons cherché à préparer un éther sulfonique $R.SO^3CH^3$ actif sur la lumière polarisée, en faisant réagir la vaillantite sur le camphre, pensant que l'éther formé serait moins facilement racémisable que l'acide au cours de la préparation

$$C^{10}H^{16}O + SO^3ClCH^3 = C^{10}H^{15}SO^3.CH^3 + HCl.$$

I. Des recherches préliminaires nous ont d'abord montré que la vaillantite réagit sur les carbures benzéniques pour donner directement l'éther sulfométhylique : le benzène, le toluène, le naphtalène, le chlorobenzène donnent ainsi des éthers $R.SO^3CH^3$ avec un rendement d'environ 60

pour 100, le rendement étant diminué par une réaction secondaire

$$R.SO^3CH^3 + HCl = R.SO^3H + CH^3Cl.$$

L'acide sulfonique formé peut donner naissance lui-même à une sulfone, en particulier dans le cas du benzène qui réagit plus difficilement sur la vaillantite.

II. Avec le camphre, la vaillantite réagit un peu différemment : il se fait déjà à froid un produit d'addition cristallin qui, chauffé au bain-marie, perd HCl pour donner l'éther cherché. Il est avantageux d'opérer au sein du tétrachlorure de carbone et d'isoler l'éther en utilisant sa solubilité dans la soude diluée; les acides le reprécipitent inaltéré de sa solution dans les alcalis.

Le camphre-sulfonate de méthyle obtenu (P. F. = 77°) a les propriétés habituelles des sulfo-éthers : insolubilité dans l'eau, difficulté de saponification. Il est curieux que cet éther est soluble dans la soude. Ceci est probablement dû au renforcement de l'acidité énolique par le groupement SO^3, et est à rapprocher de la solubilité des phénolsulfonates de méthyle dans CO^3Na^2. Cet éther camphre-sulfonique est bien cristallisé, très stable : on peut même le distiller dans le vide de la trompe à eau sans le racémiser.

Il se combine aux bases tertiaires, en particulier à l'urotropine pour donner les sels habituels.

III. Hydrolysé, il donne l'acide correspondant très soluble et qui est tout à fait comparable aux autres acides camphre-sulfoniques; l'étude de sels monovalents, en particulier de celui d'aniline facile à purifier par cristallisation dans $CHCl^3$, conduit à attribuer à l'acide un pouvoir rotatoire moléculaire $M_D = + 194$.

On revient aisément du sel d'aniline au camphre droit par simple chauffage vers 200° (avec formation d'acide sulfanilique).

IV. La constitution des acides camphre-sulfoniques a été déterminée récemment par Wedekind, Schenk et Stüsser [1] qui, en oxydant par le permanganate alcalin, les chloro-sulfoxydes correspondant aux acides de Reychler et de Kipping et Pope, ont obtenu deux monoacides : l'acide cétopinique et l'acide isocétopinique.

En oxydant, par le même réactif, l'éther $C^{10}H^{15}O.SO^3CH^3$, nous avons obtenu uniquement l'acide camphorique habituel.

---

[1] *B. D. ch. G.*, 56, 1923, p. 633 et 1557.

Les trois acides sulfoniques connus du camphre ont alors pour formules :

$$\begin{array}{ccccc} CH^2 & — & CH & — & CH^2 \\ | & & | & & | \\ | & CH^3 — & C & — CH^3 & | \\ | & & | & & | \\ CH^2 & — & C & — & CO \\ & & | & & \\ & & CH^2.SO^3H & & \end{array}$$

Acide de Reychler.
$M_D = +51$ (1).

$$\begin{array}{ccccc} CH^2 & — & CH & — & CH^2 \\ | & & | & & | \\ | & CH^3 — & C & — CH^2.SO^3H & | \\ | & & | & & | \\ CH^2 & — & C & — & CO \\ & & | & & \\ & & CH^3 & & \end{array}$$

Acide de Kipping et Pope.
$M_D = +172$ (2).

$$\begin{array}{ccccc} CH^2 & — & C & — & C.SO^3H \\ | & & | & & \| \\ | & CH^3 — & C & — CH^3 & \| \\ | & & | & & \| \\ CH^2 & — & C & — & C(OH) \\ & & | & & \\ & & CH^3 & & \end{array}$$

Nouvel acide.
$M_D = +194$.

Bien que ce nouvel acide sulfonique ne colore pas $FeCl^3$, je pense que la solubilité de son éther dans la soude ne peut s'expliquer que par la présence d'un groupe énolique. Il n'est d'ailleurs pas invraisemblable de supposer qu'une formule énolique s'appliquerait à l'acide de Reychler (ancien acide β), puisque Lowry et Magson signalent que l'anilide de cet acide bromé est aussi soluble dans les alcalis, ce que ces auteurs expliquent au moyen d'une autre hypothèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des cires de fleurs : Cire de Roses. Étude de l'insaponifiable.* Note (3) de M. H. **Prophète**, présentée par M. Moureu.

Carbures. — Les carbures, séparés comme il a été dit dans une Note précédente (4), sont exempts d'alcools (indice d'acétyle nul) mais possèdent un indice d'iode de 8,6.

La cristallisation fractionnée dans le mélange alcool-benzine permet d'isoler les termes les moins fusibles. La séparation des divers carbures peut être opérée en bromant les constituants non saturés et soumettant le produit

(1) *Journ. of Chem. Soc.,* **101**, 1912, p. 746.
(2) *Journ. of Chem. Soc.*, **97**, 1910, p. 991.
(3) Séance du 19 juillet 1926.
(4) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1559.

obtenu à des distillations fractionnées sous pression réduite. Les fractions isolées sont ensuite soumises à cristallisation dans le mélange 2 parties alcool 1 partie benzine. La méthode nous a permis d'isoler les composés suivants déjà signalés à l'état naturel et la plupart reproduits par synthèses :

		P. F.	P. Eb.			
		° °	°		mm	
Triacontane	$C^{30}H^{62}$........	65,5–66	315	sous	30	[3,5]
Heptacosane	$C^{27}H^{56}$.........	59,5	280–284°	»	24	[4,5]
Hexacosane	$C^{26}H^{54}$.........	56	272–275	»	30	[1]
Tricosane	$C^{23}H^{48}$.........	48	254–255	»	30	[1,2]
Docosane	$C^{22}H^{46}$.........	44,5	245–248	»	30	[1,2]
Henicosane	$C^{21}H^{44}$.........	40,5	222–223	»	24	[1,2]
Eicosane	$C^{20}H^{42}$.........	36,5	220	»	30	[2]
Hexadécane	$C^{16}H^{34}$.........	18	168–170	»	24	[1,2]

et deux dérivés bromés d'addition fondant respectivement à 27° et 38°,5-39° et bouillant à 218°-220° et 235°-236° sous 30^{mm}.

La pureté de ces composés a été établie par la constance du point de fusion, la forme cristalline et la température d'ébullition. A l'état impur, les carbures cristallisent en aiguilles qui, au fur et à mesure que la purification s'avance, font place à des lamelles hexagonales ou losangiques. Quand le produit est pur, les aiguilles ont disparu et les lamelles apparaissent au microscope nettement séparées les unes des autres. Pour les termes les moins élevés, les hexagones ont leurs sommets légèrement arrondis.

La solubilité dans l'alcool des carbures saturés diminue lorsque le poids moléculaire augmente : c'est ainsi que les termes inférieurs sont solubles à froid et les termes élevés peu solubles à chaud. Tous se dissolvent à chaud dans le chloroforme et la benzine.

Alcools. — Indice d'iode 5,7; indice d'acétyle 141; P.F. des alcools 55°-58°; P.F. des alcools acétylés 45°-47°.

Par dissolution du mélange des alcools dans C^2H^5OH on obtient, même en présence de benzine, une solution qui par refroidissement laisse déposer une masse amorphe, difficile à filtrer et qui retient toujours des quantités

---

(1) MABERY, *Am. Chem. Journ.*, 28, 1902, p. 165, et 33, 1905, p. 251.

(2) KRAFFT, *Bull. Soc. Chim.*, 38, 1882, p. 394.

(3) SANDO, *Journ. biol. Chem.*, 56, 1923, p. 457. — GODSON, *Biochem. Journ.*, 16, 1922, p. 489. — CLEWER, *Chem. Soc.*, 101, 1912, p. 2221.

(4) POWER, *Chem. Soc.*, 97, 1910, p. 231. — BORNER et TUTIN, *Arch. d. Pharm.*, 245, 1907, p. 337. — DAMOY, *Thèse*, Paris, 1924, Faculté de Pharmacie.

(5) GARNIER, *Thèse*, Nancy, 1910. — GASCARD, *Thèse*, Paris, 1919.

notables de solvant. Une séparation par cristallisation dans C^2H^5OH, C^6H^6 ou le mélange de ces deux liquides est donc impossible. On résout la difficulté en transformant les alcools en éthers acétiques que l'on fractionne ensuite par cristallisation dans le mélange alcool-acétone (à volumes égaux).

Cette méthode nous a permis d'isoler de la cire de rose : 1° l'alcool pseudocérylique $C^{26}H^{54}O$, P. F. 77° (éther acétique, P. F. 61°,5), obtenu par M. Damoy (*loc. cit.*); 2° un alcool saturé $C^6H^{12}O$, P. F. 62° (éther acétique, P. F. 56°) déjà retiré de la cire de Carnauba [1]; 3° un alcool saturé isomère de l'alcool cérylique $C^{27}H^{56}O$, P. F. 58°,5 (éther acétique, P. F. 42°); par oxydation chromique il donne un acide P. F. 52°,5-53°; 4° un alcool saturé de formule $C^{10}H^{20}O$, P. F. 49°,5 (éther acétique, P. F. 28°); 5° un alcool de même formule, à odeur de menthe, P. F. 43° (éther acétique liquide); 6° un alcool non saturé, P. F. 16°.

	C trouvé.	H trouvé.	I, de l'éther acétique.
Alcool pseudo-cérylique..........	81,5	14,2	132,7
Alcool $C^6H^{12}O$..................	72,3	11,8	390,8
Alcool isocérylique..............	81,7	14,06	128,4
Alcool $C^{10}H^{20}O$, P. F. 49°,5......	77,2	12,5	285
Alcool $C^{10}H^{20}O$, P. F. 43°........	76,8	12,7	284

Acides alcools. — Ces acides forment une masse solide brune, P.F. 50°-58°; indice de neutralisation, 91,2; indice d'iode, 9,95; indice d'acétyle, 226. Les sels de potasse de ces acides sont solubles dans l'eau, mais insolubles, même à chaud, dans l'eau alcoolisée.

Conclusion. — *Composition de la cire de rose rapportée à* 100^g : eau, 0,68; non gras, 0,1; acides solubles, 1,6; acides insolubles saturés, 10,6; acides insolubles non saturés, 6,4; acides alcools, 3,2; alcools, 20,2; carbures, 56,5.

Alcools : pseudocérylique, 3 pour 100; $C^6H^{12}O$, 8 pour 100; isocérylique, 6 pour 100; $C^{10}H^{20}O$ (P. F. 49°,5), 1,5 pour 100; $C^{10}H^{20}O$ (P. F. 43°), 1 pour 100; alcool non saturé, 0,4 pour 100.

Carbures saturés : triacontane, 6 pour 100; heptacosane, 15 pour 100; hexacosane, 8 pour 100; tricosane, 6 pour 100; docosane, 6 pour 100; henicosane, 2 pour 100; eicosane, 8 pour 100; hexadécane 0,5 pour 100.

Carbures non saturés : La cire retient de petites quantités de carbures non saturés que nous avons pu isoler par transformation en deux dérivés bromés fondant à 27° (3 pour 100) et à 38°,5-39° (2 pour 100).

---

(1) Kessel, *Berichte*, 11, 1878, p. 2114.

BOTANIQUE. — *Première phase de l'évolution du Gamétophyte de* Fossombronia pusilla *Dum.* Note (¹) de M. **Germain Chalaud**, présentée par M. Molliard.

Au cours de recherches sur le gamétophyte de *F. pusilla* Dum., j'ai été amené à considérer deux stades dans le début de son évolution : un *stade protonémique* et un *stade de première jeunesse* faisant insensiblement le passage à la plante adulte.

I. Le *stade protonémique*, première phase de l'évolution du gamétophyte, est mal connu chez les Hépatiques ; pour *F. pusilla* Dum, en particulier, il n'existe aucun travail, à ma connaissance. J'ai fait des cultures pures de cette plante sur milieu Marchal non neutralisé, dans des fioles de Roux. Je les ai comparées à des cultures pures de *F. Wondraczeki* Dum. et de *F. angulosa* Raddi faites dans les mêmes conditions par M. le professeur Nicolas; mes conclusions, qui eussent autrement conservé une valeur purement spécifique, valent donc probablement pour le genre *Fossombronia* Raddi tout entier.

On rencontre deux sortes de filaments protonémiques; les uns très réduits (une ou deux cellules), les autres comptant un assez grand nombre de cellules (plus de dix). Entre ces deux extrêmes il y a tous les intermédiaires. Ces deux formes de protonéma doivent se rencontrer assez généralement chez les Hépatiques si l'on s'en rapporte aux observations de Grönland et de Leitgeb. Pour une plante voisine de *Fossombronia* Raddi, pour *Blasia pusilla* L., ces auteurs ont même émis l'hypothèse que le filament protonémique se forme uniquement dans le cas où les spores sont ensemencées par groupes. C'est probablement une erreur, due à l'insuffisance de leurs moyens d'investigation. En réalité, la longueur du filament protonémique dépend uniquement de la profondeur à laquelle a été ensemencée la spore. Avec une puissante loupe binoculaire, dans un milieu semi-transparent comme l'est le milieu Marchal, on peut voir monter verticalement de la profondeur les arbuscules que forment les filaments protonémiques négativement géotropiques.

Contrairement à ce qui a lieu chez les Mousses, le cloisonnement des filaments est d'accord avec les règles de Sachs : les cloisons apparaissent perpendiculairement à l'axe de croissance. La cellule terminale fonctionne

---

(¹) Séance du 27 septembre 1926.

comme une véritable initiale, suivant le mode comme chez certaines algues (*Sphacelaria*, *Chaetopteris*); par des cloisons transversales, elle découpe en arrière d'elle une pile de cellules qu'elle couronne constamment. Les cellules les plus anciennes meurent au fur et à mesure qu'il s'en forme de nouvelles.

Le protonéma est souvent ramifié, mais ne donne, d'après mes observations, qu'une seule tige. Il donne naissance à un massif cellulaire dans lequel se différencie l'initiale de la tige. Ce massif cellulaire se forme à la surface du milieu, soit à l'extrémité de l'une des branches du protonéma, soit sur une courte ramification. Il a pour origine le cloisonnement en tous sens de la cellule terminale du filament lui-même ou de l'une de ses ramifications. Si celle-ci est réduite à une cellule, elle se trouve, après ses cloisonnements, incorporée entièrement dans le tissu de la jeune pousse; on a ainsi faussement l'impression que le rameau est né dorsalement sur le filament. La théorie dite « des quadrants » qui prétend ramener à des règles fixes l'apparition de l'initiale dans le massif cellulaire ne correspond pas aux faits que j'ai observés : le massif cellulaire possède plus de quatre cellules, 8 à 14, dont l'une, l'initiale, n'occupe certainement pas une place fixe dans le massif.

II. La différenciation de l'initiale marque la fin du stade protonémique; celui-ci est suivi d'un deuxième stade, passé jusqu'à présent inaperçu et que j'appelle *stade de première jeunesse*. Par beaucoup de points, ce deuxième stade de la vie du végétal mérite d'être distingué aussi bien de la plante adulte que du protonéma.

Par le mode de segmentation de l'initiale, il rappelle à la fois les *Metzgeriales* primitives et la tige adulte : l'initiale se segmente sur deux faces, sans donner de feuilles, ni même de papille foliaire (*Metzgeria*, *Aneura*); mais les segments se chevauchent sur leurs faces ventrale et dorsale (*Fossombronia* adulte).

Par sa forme, il fait le passage graduel à la tige : d'abord nettement cylindrique (7 à 8 cellules en section), on le voit devenir elliptique (10 à 12 cellules); puis la convexité de sa face ventrale augmente en même temps que la face dorsale se rapproche de la ligne droite. La symétrie radiaire passe à la symétrie bilatérale. Celle-ci est acquise quand apparaissent les papilles foliaires.

Il offre deux caractères de protonéma très nets. La fixation au substratum est assurée par des rhizoïdes incolores de 4 à 5^{μ} de diamètre (ceux de la plante adulte ont de 10 à 13^{μ} et sont fortement colorés en violet) s'enfon-

çant obliquement dans le milieu; ils naissent sur les faces latérales aussi bien que sur la face ventrale; ils sont isolés au lieu d'être groupés et rappellent les rhizoïdes qui se rencontrent ordinairement sur les filaments protonémiques (*Blasia pusilla* L., diverses espèces de *Riella* Mont., *Neesiella rupestris* Schif.) ou même sur les spores elles-mêmes au stade pluricellulaire (*Pellia epiphylla* Corda).

De plus, comme les cellules anciennes du protonéma, les segments basilaires de la très jeune pousse meurent au fur et à mesure qu'il s'en forme de nouveaux au point végétatif; en sorte que cette partie de la tige est caduque comme le protonéma.

Ce stade de première jeunesse se retrouve avec des caractères sensiblement constants chez *F. Wonaraczeki* Dum. et chez *F. angulosa* Raddi; il atteint dans les trois espèces que j'ai étudiées une longueur variant de 200 à 500^{μ} si on le considère comme terminé au moment où apparaissent les premières papilles foliaires. Sa longueur dépasse donc sensiblement celle du filament protonémique.

En résumé, dans le genre *Fossombronia* Raddi et probablement dans un grand nombre d'Hépatiques, la division du gamétophyte en protonéma et plante adulte, est loin d'être aussi nette que chez les Mousses. Le protonéma, au lieu d'être un organe parfaitement individualisé, est parfois à peine ébauché ou réduit à un court filament cloisonné. Il est suivi d'un massif cellulaire, puis d'une pousse cylindrique non feuillée à caractères primitifs, passant insensiblement à la plante adulte.

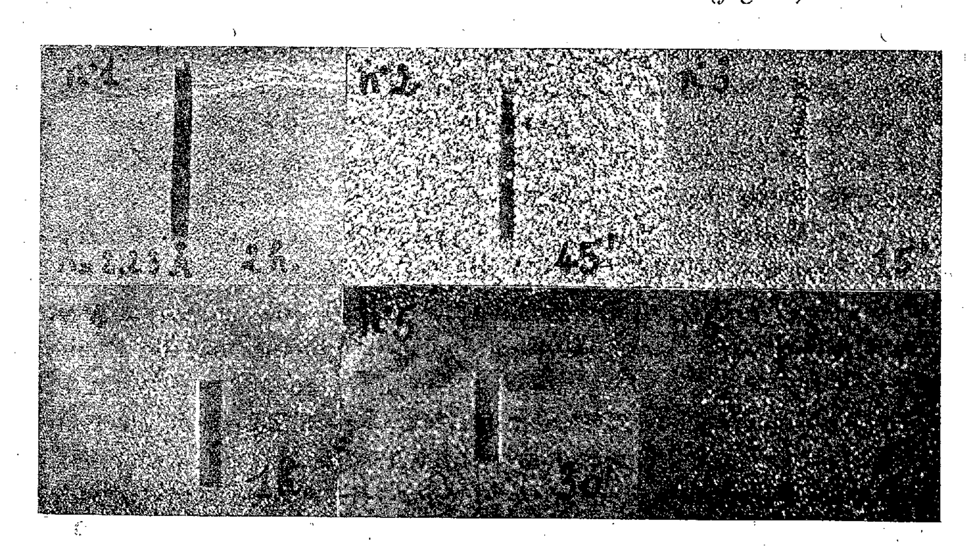
PHYSIOLOGIE. — *Action des rayons X de grande longueur d'onde sur les microorganismes* (*cas du* B. prodigiosus). Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Roux.

1. *Objet des recherches.* — L'action des rayons X sur les microbes a été étudiée depuis longtemps par un très grand nombre d'auteurs; les résultats trouvés ont été très contradictoires et discutés. Les recherches tentées avec un appareillage moderne sont peu nombreuses (Ghilarducci, Halberstaedter, Haberland); les rayons X utilisés dans ces travaux étant à peu près uniquement des rayons durs (ampoules Coolidge fonctionnant sous 150-180 kilovolts), il m'a paru intéressant de rechercher l'action des rayons de grande longueur d'onde sur les microorganismes, en utilisant des tubes à grande puissance fonctionnant sur pompe.

2. *Dispositif expérimental.* — Le tube démontable en quartz, de Dauvillier, fonctionne avec une anticathode en chrome ($\lambda\, K_\alpha\, Cr = 2,23$ Å), sous 40,000 volts (tension constante) et 13 milliampères. Le microbe choisi est le *B. prodigiosus*, ensemencé sur gélose par la méthode des nuages microbiens (A. Trillat) donnant une culture superficielle très homogène.

La culture fraîche est exposée à un faisceau X délimité par la fente en plomb d'un spectrographe. On interpose une feuille mince de cellophane noire pour éviter une action possible de la lumière émise par l'ampoule, La température des préparations au niveau de l'impact du faisceau ne diffère pas de la température extérieure (19°-21°).

3. *Résultats.* — On constate une action très nette des radiations utilisées sur le développement du *B. prodigiosus*, comme le montrent les clichés ci-joints, pris environ 24 heures après l'irradiation. Tandis que le témoin présente un aspect rouge et homogène, les parties irradiées sont soit complètement stériles (1 à 2 heures) (*fig.* 1 et 4), soit parsemées de colonies raréfiées (15 à 45 minutes) (*fig.* 2, 3, 5); en moins de 15 minutes, on obtient déjà un ralentissement visible de la croissance (*fig.* 6).



On obtient ainsi de véritables clichés microbiens de la fente du spectrographe, ces clichés sont en tous points identiques à celui que fournit la plaque photographique placée derrière la boîte de Petri et impressionnée par la partie pénétrante du fond continu émis par l'anticathode.

La deuxième série de clichés (n°s 4, 5, 6), prise en éclairage oblique, montre sur les bords de la raie un accroissement de la densité des colonies :

ceci confirme bien le fait signalé déjà pour le radium, que les faibles doses, reçues par diffusion, loin de diminuer l'activité des microorganismes, semblent au contraire l'exalter.

Des prélèvements effectués sur les parties irradiées complètement transparentes et repiquées sur gélose n'ont pas cultivé, ce qui prouve que cet emplacement est resté stérile, il le reste d'ailleurs encore après 3 mois. Au contraire, pour des doses plus faibles, pour lesquelles il apparaît des colonies dans la raie, la croissance n'est que ralentie, et l'on observe un envahissement de la tache d'autant plus rapide que l'irradiation a été de plus courte durée. Enfin, après une exposition de l'ordre de 45 minutes et au-dessus, un réensemencement par nuage de la culture laisse l'image de la raie intacte.

Des essais comparatifs ont été faits en vue de déterminer une action possible du rayonnement sur la gélose seule : après irradiation de 3 heures et ensemencement, la culture s'est développée normalement. Des témoins placés dans la caisse contenant le tube, et soumis par conséquent au rayonnement pénétrant provenant du fond continu capable de traverser le quartz, n'ont également montré aucun arrêt ou ralentissement, même après des expositions de plusieurs heures à 30^{cm} de l'anticathode. Il s'agit donc bien d'une action due surtout aux rayons de grande longueur d'onde utilisés, ce qui confirme la remarque faite par Halberstaedter au sujet de l'action des rayons pénétrants issus d'une ampoule Coolidge : si les rayons X ont à traverser le verre du couvercle, l'action retardatrice ne se manifeste plus que très faiblement à la suite de cette filtration absorbant les rayons de grande longueur d'onde. J'ai d'ailleurs vérifié ce fait en exposant durant 2 heures une culture fraîche de *B. prodigiosus*, au rayonnement pénétrant direct d'une ampoule Coolidge fonctionnant sous 80 kilovolts avec 3 milliampères, le faisceau étant limité ici encore par la fente en plomb du spectrographe. La dose reçue étant sensiblement équivalente à celle qui correspond à 1 heure pour le tube à anticathode Cr, on constate pour ce dernier un développement totalement arrêté, tandis qu'il n'est que faiblement retardé dans le cas du rayonnement pénétrant.

4. *Conclusion.* — Ces recherches indiquent l'influence bactéricide des rayons X primaires de grande longueur d'onde; elles ne constituent qu'une première étape dans l'étude du rayonnement secondaire sur les microbes que nous nous proposons d'étudier.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur une nouvelle classe d'hypnotiques : les dialcoylphénylacétamides.* Note (¹) de MM. **Auguste Lumière** et **Félix Perrin**, présentée par M. A. Desgrez.

En étudiant les relations qui existent entre les fonctions chimiques des substances organiques et leurs propriétés pharmacodynamiques, nous avons été conduits à supposer que les corps de la forme

$$C^6H^5 - \underset{R_1\;\;R_2}{\overset{}{C}} - CONH^2$$

pourraient sans doute constituer des médicaments hypnotiques, grâce à la présence, dans la molécule, d'un carbone tétrasubstitué, d'un groupement amidique et de deux radicaux alcoylés R_1 et R_2.

Un certain nombre de composés appartenant à cette série ont été obtenus à partir du cyanure de benzyle dont la dialcoylation a été réalisée, en deux temps, au moyen de l'amidure de sodium, suivant les procédés préconisés par Bodroux et Taboury [2], Haller et Bauer [3] et J. Blondeau [4].

Les nitriles dialcoylés préparés par ces auteurs fournissent par hydratation les amides correspondantes.

Nous n'avons pas soumis à l'expérimentation physiologique les dérivés diméthylés et méthyléthylés de la phénylacétamide parce que le radical méthyl ne confère point la propriété hypnotique aux composés renfermant cette fonction.

Dans les autres classes d'hypnotiques déjà connus, telles que les sulfones, les malonylurées, les homophtalimides [5] les hydantoïnes [6], les dérivés méthylés sont toujours, en effet, inefficaces. Il faut augmenter la condensation en carbone des groupes alcoyl pour voir apparaître l'activité thérapeutique.

C'est pour cela que nos essais ont porté tout d'abord sur la diéthylphénylacétamide.

(¹) Séance du 4 octobre 1926.

(²) Bodroux et Taboury, *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 131.

(³) Haller et Bauer, *Ann. de Chim.*, **9**, 1918, p. 5.

(⁴) J. Blondeau, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1424.

(⁵) A. Lumière et F. Perrin, *Sur une nouvelle classe d'hynoptiques, les homophtalimides* (*Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 637).

(⁶) A. Lumière et F. Perrin, *A propos des fonctions chimiques des hypnotiques* (*Bulletin de la Société chimique*, **35**, 1924, p. 1022).

Conformément à nos prévisions, cette substance, administrée à des chiens, s'est montrée nettement hypnotique, mais les doses auxquelles il convient de recourir pour obtenir un sommeil prolongé sont trop voisines de la dose toxique pour que l'on puisse songer à employer pratiquement ce produit chez l'homme, d'autant que son utilisation, même prudente, peut être suivie de quelques malaises.

Nous nous sommes adressés ensuite aux homologues supérieurs et, à cet effet, nous avons réussi à préparer les composés nouveaux suivants : la dipropylphénylacétamide (point de fusion 95°)

$$\begin{array}{c} C^6H^5 - C - CO - NH^2 \\ CH^3 - CH^2 - CH^2 \diagup \diagdown CH^2 - CH^2 - CH^3 \end{array}$$

la propylallylphénylacétamide (point de fusion 55°)

$$\begin{array}{c} C^6H^5 - C - CO - NH^2 \\ CH^2 = CH - CH^2 \diagup \diagdown CH^2 - CH^2 - CH^3 \end{array}$$

et la diallylphénylacétamide (point de fusion 75°)

$$\begin{array}{c} C^6H^5 - C - CO - NH^2 \\ CH^2 = CH - CH^2 \diagup \diagdown CH^2 - CH = CH^3 \end{array}$$

Le dosage de l'azote dans ce dernier composé a confirmé sa constitution

	Calculé.	Trouvé.
N pour 100................	6,51	6,76

Ces substances sont douées d'un pouvoir hypnotique notablement plus grand que celui du dérivé diéthylé. La toxicité de ces corps varie, pour le chien, de $0^{cg},05$ à $0^{cg},10$ par kilogramme d'animal.

A la dose de $0^{cg},25$ chez l'homme, le dérivé diallylique paraît donner des résultats comparables à ceux que fournissent les hypnotiques habituellement employés en thérapeutique, mais son action se manifeste tardivement, vraisemblablement en raison de sa faible solubilité.

Il résulte de ces recherches que les dialcoylphénylacétamides jouissent bien de propriétés hypnotiques, conformément aux considérations théoriques qui nous avaient engagés à expérimenter leurs effets ; il convient toutefois de formuler quelques réserves, en ce qui regarde leur emploi, étant donné que le rapport de la dose efficace à la dose toxique est un peu trop élevé, que certaines de ces amides ne sont pas dépourvues d'action secondaire défavorable et que leur action est tardive.

Ces inconvénients paraissent liés, dans une certaine mesure, à la présence d'un noyau aromatique dans la molécule, ce qui confirme encore les faits observés généralement dans le cas des autres classes d'hypnotiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Bilans et rapports phosphorés des tissus.* Note de MM. **Javillier** et **H. Allaire**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons établi la *notion de l'existence d'un indice de phosphore nucléique des tissus* et fourni des données sur les valeurs de cet indice [1]. Les indices de phosphore nucléique ne sont pas seulement intéressants en eux-mêmes, mais encore par les rapports qu'ils permettent d'établir. C'est ainsi que *les rapports* $\frac{\text{P nucléique}}{\text{P total}}$ *et* $\frac{\text{P nucléique}}{\text{P lipidique}}$ *fournissent pour les différents tissus, des indices qui ne sont pas moins caractéristiques que les chiffres absolus.*

Ces rapports présentent, *pour chaque tissu*, une suffisante constance pour apporter une illustration nouvelle à la notion des équilibres chimiques cellulaires mise en lumière par A. Mayer et G. Schaeffer.

Dans l'exemple ci-après, le rapport $\frac{\text{P nucléique}}{\text{P total}}$ vaut de 0,01 (moelle épinière) à 0,58 (thymus). Entre ces extrêmes, s'étagent des valeurs très différentes; quelques-unes cependant se serrent de près (foie et poumon; pancréas et rate).

Le rapport $\frac{\text{P nucléique}}{\text{P lipidique}}$ vaut de 0,01 (moelle épinière) à 3,09 (thymus). Ce rapport dont les valeurs s'étagent entre de si lointaines limites, exprime l'équilibre, particulier à chaque organe, entre ses composants phosphorés le plus hautement différenciés.

Les données analytiques recueillies pour le calcul de ces rapports permettent d'en calculer d'autres, en particulier les suivants :

$$\frac{\text{P lipidique}}{\text{P total}} \quad \text{et} \quad \frac{\text{P total} - (\text{P nucléique} + \text{P lipidique})}{\text{P total}}.$$

La différence P total — (P nucl. + P lipid.) représente, pour une part prépondérante, le phosphore des phosphates minéraux et aussi le phosphore organique engagé dans des molécules moins compliquées que lipides ou protéides. Dans l'exemple cité, le rapport $\frac{\text{P lipid.}}{\text{P total}}$ vaut de 0,18 (thymus)

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 162, et *Bull. Soc. Chimie biologique*, un Mémoire en cours d'impression.

à 0,90 (moelle) et le rapport $\frac{\text{P min.} + \text{P ind.}}{\text{P total}}$ de 0,08 (moelle) à 0,65 (muscle).

Répartition du phosphore dans les organes d'un cheval de 18 mois.

	P total.	P lipidique pour 100g de tissu frais.	P nucléique pour 100g de tissu frais.	P. min. et ind.
	mg	mg	mg	mg
Thymus	426	80,4	249	96,6
Pancréas	385,5	156,2	141,5	87,8
Rate	262,9	84,6	92,3	86
Foie	287,2	145,8	55,6	85,8
Poumon	192,6	100,8	37,2	54,6
Thyroïde	116	39,5	36,9	39,6
Rein	221,3	102,8	33,6	84,9
Cœur	210,4	105,2	12,8	92,4
Cerveau	256,2	203,4	12,3	40,5
Muscle	216,3	68,6	6,1	141,6
Moelle épinière	555,5	502	6,1	47,4

Rapports phosphorés dans les organes.

	$\frac{\text{P lipid.} \times 100}{\text{P total}}$.	$\frac{\text{P nucl.} \times 100}{\text{P total}}$.	$\frac{\text{P min. et ind.} \times 100}{\text{P total}}$.	$\frac{\text{P nucl.} \times 100}{\text{P total}}$.
	mg	mg	mg	mg
Thymus	18,87	58,45	22,68	309,7
Pancréas	40,51	36,70	22,79	90,5
Rate	32,18	35,10	32,72	109,1
Foie	50,76	19,35	29,89	38,1
Poumon	52,33	19,31	28,36	36,9
Thyroïde	34,05	31,81	34,14	93,4
Rein	46,45	15,18	38,37	32,6
Cœur	50	6,08	43,98	12,1
Cerveau	79,39	4,80	15,81	6
Muscle	31,71	2,82	65,47	8,8
Moelle épinière	90,36	1,09	8,55	1,2

On remarquera que les valeurs du rapport $\frac{\text{P lipid.}}{\text{P total}}$ varient entre elles de 1 à 5, celles du rapport $\frac{\text{P min.} + \text{P ind.}}{\text{P total}}$ de 1 à 8; celles, plus espacées, du rapport $\frac{\text{P nucl.}}{\text{P total}}$ de 1 à 58; celles, plus espacées encore, du rapport $\frac{\text{P nucl.}}{\text{P lipid.}}$ de 1 à 309. Il sera intéressant de savoir ce que deviennent bilans et rapports phosphorés dans diverses circonstances physiologiques.

La séance est levée à $15^{h}40^{m}$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 OCTOBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le PRÉSIDENT annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la séance publique solennelle des cinq Académies, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 26 octobre au lieu du lundi 25.

Il souhaite la bienvenue à M. le Professeur SCHOKALSKY, président de la Société russe de Géographie.

ASTRONOMIE. — *Sur les* équations, *d'origines diverses, qui peuvent affecter les* Corrections de pendule C_p *adoptées au Bureau International de l'Heure* (*B. I. H.*); *année* 1925. Note de M. **G. Bigourdan**.

J'ai discuté précédemment les observations méridiennes de 1920,0-1925,0 faites à l'Observatoire de Paris pour la détermination de l'heure, et utilisés par le B. I. H. ([1]). Pour cela j'ai comparé les C_p individuels (C_p indiv.) aux C_p demi-définitifs (C_p d. d.) conclus de l'ensemble des observations et des marches des pendules.

Les nombres ([2]) des tableaux suivants sont déduits, de la même manière, des observations faites dans tout le cours de 1925, et publiées dans le *Bulletin horaire* (t. II, p. 24 et 83).

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1309.

([2]) Ces nombres, calculés depuis assez longtemps, ont été communiqués à divers astronomes qui ont bien voulu appliquer aux C_p Paris 1925 leur méthode personnelle pour l'interpolation qui donne la correction journalière de notre pendule directrice (C_p d. d.).

Les abréviations employées ici ont le même sens que dans la discussion précédente, et les instruments j, p_2 et b' occupaient encore les positions respectives IV, II et III.

Dans les Tableaux I et II ci-après, l'unité est le millième de seconde de temps.

Le premier (I) donne les différences (C_p indiv. — C'_p d. d.).

TABLEAU I. — *Valeurs individuelles de* (C_p indiv. — C_p d. d.).

Bo$_{p_2}$. 1925.

S	15	+4
	21	+10*
	29	−4
	30	0
O	5	−5
	6	−6
	10	−1
	11	+1
	17	−1
	24	+5*
	25	−4
	28	+2

Br$_{p_2}$. 1925.

J$_1$	5	−1
	6	0
	10	+2
	19	+5*
	22	+2
	23	−2
F	5	+3*
	7	+1
	12	+6
	14	+5
	17	+1*
	26	0*
	28	0
M$_1$	9	−3
	10	+3
	12	−2
	17	+5
	21	+2
	28	−2*
	31	−2

Br$_{p_2}$. 1925.

A$_1$	2	+1
	4	+2
A$_1$	7	+3
	21	+2
M$_2$	2	0
	12	+3
	14	+2
	16	0
	29	−1
J$_2$	3	+1
	5	−1
	8	+1
	10	+1
	12	−5
	15	+2
	19	0
	22	−2
J$_3$	1	0
	15	−1
	17	−2
A$_2$	3	−1
	6	0
	11	−2
	13	−6
O	5	−3
	9	−5
	14	0
	28	−1
	30	−6
N	4	−9
	6	0
	9	0
	18	−2
	20	−2*
D	1	−5

Br$_{p_2}$. 1925.

D	4	0
	9	0*
	15	−1
	22	+2
	31	+1*

Ch$_{b'}$. 1925.

J$_1$	5	−6
	7	−9
	19	−2
	23	−10
F	1	−3
	5	−9
	11	0
	16	−9

Cv$_{b'}$. 1925.

J$_1$	6	−6
	10	+3
	22	+6
F	12	−6

L$_j$ 1925.

J$_2$	5	+6
	7	+6
	10	+3
F	7	+10
	12	+6
	14	+10
	28	−7
M$_1$	10	−2
	12	−5

L$_j$. 1925.

M$_1$	17	+1
	21	−6
A$_1$	2	+4
	4	−5
	7	−3
	21	−4
M$_2$	2	−2
	5	0
	12	−3
	29	+3
J$_3$	7	+7
	25	−4
S	14	+1
	15	−4
	21	−6
	24	0
	29	+3
	30	+9
O	5	+8
	6	+12
	28	+3
N	4	+2
	18	+4
	25	+2
	30	0
D	3	+1
	7	+1

Ln$_j$. 1925.

F	11	−14
	27	−2
M$_1$	2	+1
	4	0
	9	+2

Ln$_j$. 1925.

M$_1$	18	−5
	23	−1
A$_1$	8	−3
	17	+4
	22	−3
	29	+6
M$_2$	20	+1
J$_2$	30	+3
J$_3$	9	+5
A$_2$	3	+1
	6	2*
	11	+3
	13	+3
	17	+4
O	24	+4
	30	+4
N	19	+3
D	1	+5
	5	+12
	15	−5

M$_b$. 1925.

J$_1$	6	−5
	10	−1
	18	−2*
	22	−1
	23	−3*
F	27	0*
M$_1$	2	+4
	4	−4*
	13	+3*
	16	−1*
	18	+6

M$_b$. 1925.

M$_1$	23	−4
A$_1$	8	+1*
	22	+2*
	29	−4
M$_2$	11	−5
	13	0
	15	−1
	22	+4*
	26	+1
J$_2$	4	0
	6	−6
	9	0*
	11	−2
	13	+1*
	16	−1
	18	−1*
	20	−1
	30	−1
J$_3$	7	−5
	9	0
A$_2$	28	+1
S	1	−1
O	3	−6
	6	+2
	10	−6
	15	+3
	17	−3
	24	−2
N	19	−6
	26	−3
	30	+2
D	3	−11
	5	−2
	7	−1

Pour en dégager une conclusion, je les ai groupées par trimestres janv.-fév.-mars, et ainsi de suite, en distinguant encore l'observateur et l'instrument : les résultats sont dans les Tableaux suivants II et III.

On a toujours laissé de côté les C_p individuels affectés d'un astérisque (*), qui nous ont été donnés avec le poids $\frac{1}{2}$.

Ces Tableaux II et III se composent chacun de deux parties : dans la première on a (1 et 1′) conservé *toutes* les valeurs individuelles, tandis que dans la seconde (2 et 2′) on a éliminé celles qui sont supérieures à $0^s,05$.

Dans le Tableau II, m est la moyenne algébrique des différences (C_p indiv. — C_p d. d.), ε_m l'écart moyen absolu, et n le nombre correspondant des valeurs individuelles.

Dans le Tableau III on n'a pas tenu compte des observations très peu nombreuses faites à l'instrument b'.

TABLEAU II. — *Moyennes trimestrielles.*

		1er trimestre.			2e trimestre.			3e trimestre.			4e trimestre.		
Observateurs.	Instr.	m.	ε_m.	n.	m.	ε_m.	n.	m.	ε_m.	n.	m.	ε_m.	n.
		1. Avec toutes les valeurs de poids 1.											
L............	j	+20	56	(11)	−12	30	(8)	+ 8	42	(8)	+37	37	(9)
Ln............	Id.	−27	36	(7)	+13	33	(6)	+32	22	(5)	+38	55	(6)
Bo............	p_2	"	"	"	"	"	"	0	27	(3)	−20	29	(7)
Br............	Id.	+11	24	(15)	+ 5	16	(17)	−17	17	(7)	−23	26	(13)
M............	Id.	+20	47	(3)	−18	20	(11)	−12	18	(4)	−28	39	(12)
Ch............	b'	−60	60	(8)	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Cv............	Id.	− 7	52	(4)	"	"	"	"	"	"	"	"	"
L et Ln.......	j	+ 1	51	(18)	− 2	31	(14)	+17	38	(13)	+37	44	(15)
Bo, Br et M...	p_2	+12	28	(18)	− 4	18	(28)	−12	17	(14)	−24	32	(32)
Ch et Cv......	b'	−42	57	(12)	"	"	"	"	"	–	"	"	"
		2. En excluant les écarts supérieurs à $0^s,05$.											
L............	j	− 8	28	(4)	−12	30	(8)	− 8	24	(5)	+19	19	(7)
Ln............	Id.	− 8	18	(6)	+ 4	28	(5)	+31	22	(5)	+22	42	(5)
Bo............	p_2	"	"	"	"	"	"	0	27	(3)	−13	23	(6)
Br............	Id.	+ 7	22	(14)	+ 5	16	(17)	−10	10	(6)	−14	17	(11)
M............	Id.	0	40	(2)	−14	16	(10)	−12	18	(4)	− 5	22	(8)
Ch............	b'	−17	17	(3)	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Cv............	Id.	+30	30	(1)	"	"	"	"	"	"	"	"	"
L et Ln.......	j	− 8	22	(10)	− 6	29	(13)	+12	28	(10)	+20	28	(12)
Bo, Br et M...	p_2	+ 6	24	(16)	− 2	25	(27)	−11	16	(13)	−11	20	(25)
Ch et Cv......	b'	− 5	20	(4)	"	"	"	"	"	"	"	"	"

TABLEAU III. — *Différences algébriques $p_2 - j$ entre les deux instruments p_2 et j.*
(les nombres entre parenthèses indiquent ceux des observations).

	1er trimestre.	2e trimestre.	3e trimestre.	4e trimestre.
	s	s	s	s
(1')….	+0,011 (18 et 18)	−0,002 (14 et 28)	−0,029 (13 et 14)	−0,061 (15 et 32)
(2')….	+0,014 (10 et 16)	+0,004 (13 et 27)	−0,023 (10 et 13)	−0,031 (12 et 25)

BOTANIQUE. — *Dimorphisme déterminé chez la galle de* Mikiola Fagi *Hartig par un parasite secondaire.* Note de M. **Marin Molliard.**

Mon attention a été attirée en 1918 sur une forme très spéciale de la galle de *Mikiola Fagi*, si fréquente sur les feuilles de Hêtre; la galle normale arrivée à son entier développement présente une forme ovoïde, se terminant en pointe; elle possède une paroi de consistance ligneuse, épaisse et se colorant d'un rouge plus ou moins vif suivant l'intensité de l'éclairement; or j'ai observé dans la forêt de Fontainebleau, à l'époque indiquée, de très nombreux exemplaires, étroitement mélangés aux précédents, de galles beaucoup moins renflées, à paroi moins épaisse et ne produisant pas de pigment anthocyanique.

Les dimensions moyennes de galles ordinaires sont environ de 15mm suivant l'axe et de 6mm,5 suivant le plan équatorial; beaucoup plus variables dans les galles modifiées, elles sont en moyenne de 6mm,5 sur 2mm,5, soit à peine la moitié des précédentes; la paroi subit dans son épaisseur une réduction de même ordre, sans que la structure soit d'ailleurs sensiblement modifiée; on retrouve les mêmes zones histologiques que dans la cécidie normale, tissu nourricier interne situé en dedans de la région vasculaire et, vers le dehors, tissu scléreux très développé; la paroi a une épaisseur d'environ 1mm,6 dans la galle normale et de 0mm,8 dans les cécidies spéciales dont je viens de signaler l'existence; cette réduction correspond entièrement à une diminution de la taille des divers éléments cellulaires, dont le nombre ne se trouve pas modifié; c'est ainsi que les cellules scléreuses de la zone externe n'ont qu'une dimension maxima de 0mm,12, alors que dans la galle normale elles atteignent environ 0mm,23.

Il est facile de constater que ce cas de dimorphisme correspond à une évolution particulière, provoquée par la substitution d'un parasite secondaire à la larve primitive du *Mikiola*. On sait que la larve de cet insecte effectue son développement pendant toute la belle saison et que la galle se détache de la feuille à l'automne, alors qu'elle contient encore une larve en

voie de croissance; cette larve, à l'époque où la galle effectue sa déhiscence, tisse une toile par laquelle elle obstrue l'orifice qui fait alors communiquer la galle avec le milieu extérieur; la larve continue son développement jusque vers la fin de novembre ou le début de décembre, époque à laquelle elle donne naissance à une nymphe qui éclôt vers la fin du mois de mars.

Les galles spéciales dont j'ai signalé l'existence présentent une toute autre allure dans leur développement; on trouve à leur intérieur jusque vers la fin de juin une larve toute différente de celle du *Mikiola Fagi*, et dès le début de juillet la cavité se trouve occupée par une pupe d'abord orangée, puis d'une teinte brune, et facilement reconnaissable au fait de son enveloppe ne tarde pas à se contracter dans sa partie antérieure et à former, dans le plan symétrique de la région céphalique, une sorte de carène très aplatie. D'autre part les galles modifiées, au lieu de présenter vers leur extrémité une pointe très unie, possèdent en cette région une série de dents disposées de façon assez variable et apparaissant comme le résultat d'un phénomène de cicatrisation; c'est vraisemblablement par là qu'a pénétré la tarière du parasite secondaire lors de la ponte d'un œuf à l'intérieur de la galle encore jeune.

La galle modifiée subit sa déhiscence de meilleure heure que la cécidie normale, sans présenter à ce moment de toile obturant l'orifice, et il en sort, de la fin de février au début d'avril, un Chalcidien que M. Ch. Ferrière, le spécialiste bien connu, a bien voulu me déterminer comme étant le *Secodes coactus* Ratzeburg; M. Ch. Ferrière me signale que ce parasite ne semble pas fréquent et qu'il paraît être nouveau pour la France; cela doit tenir à ce que les galles spéciales qui lui correspondent n'ont pas été considérées par les entomologistes, car, depuis que je les ai observées pour la première fois dans la forêt de Fontainebleau, je les ai retrouvées dans plusieurs régions de la France en très grande abondance, en Normandie, en Bretagne, en Savoie (Samoëns, Aiguebelette, Allevard...); la galle était particulièrement fréquente en 1925 dans la région de Samoëns où la forme anormale était beaucoup plus commune que la forme type. Le Chalcidien en question attaque surtout les galles développées sur des rameaux situés dans la région inférieure du Hêtre et spécialement sur les arbres encore buissonnants. Si cette forme de galle n'a pas encore été signalée d'une manière implicite elle paraît bien avoir été figurée par C. Houard dans son catalogue des Zoocédies (p. 207, fig. 240), où l'une au moins des galles de *Mikiola* figurée d'après nature apparaît précisément

comme correspondant à la substitution du parasite que nous venons de signaler.

Nous sommes donc en présence d'un véritable dimorphisme gallaire provoqué par la disparition de la larve cécidogène à une époque où la galle s'est différenciée d'une manière fondamentale, mais sans avoir encore acquis sa croissance définitive ; celle-ci ne peut être atteinte que si l'action de la larve de *Mikiola* ou de certaines autres continue à s'exercer.

On a rarement signalé des faits de la nature de celui que je rapporte, bien que l'existence de parasites secondaires soit excessivement fréquente et il est vraisemblable que le dimorphisme considéré tient d'une part à la précocité de la substitution, d'autre part à la brièveté de l'évolution du *Secodes coactus*. On connaît plusieurs autres parasites qui se susbtituent de même au *Mikiola Fagi*, mais aucun ne paraît retentir sur le développement de la galle ; c'est ainsi que parmi les Hyménoptères qu'on rencontre le plus fréquemment dans les galles du *Mikiola*, au lieu et place du Diptère cécidogène, se trouve un Chalcidien qui, d'après M. Ch. Ferrière, est l'*Hyperteles elongatus* Förster ; sous son action la galle ne subit aucune modification appréciable, ni dans sa structure, ni dans sa taille ; la larve de ce parasite secondaire présente une évolution beaucoup moins rapide que celle du *Secodes* ; elle ne constitue en effet sa chrysalide que vers la fin du mois de janvier pour éclore au mois de mars ; il semble donc que, si la galle est toujours déterminée, en ce qui concerne les caractères fondamentaux, par la larve de *Mikiola*, les parasites secondaires sont capables au même titre que le *Mikiola* de prolonger sa croissance dans la limite même de leur évolution, c'est-à-dire tant qu'ils utilisent la cécidie pour leur propre nutrition ; en ce qui concerne le *Secodes* le développement larvaire est particulièrement réduit et la galle cesse tout développement dès que la larve passe à l'état de nymphe ; c'est un phénomène analogue, mais plus accentué, qu'on observe dans des galles arrêtées de bonne heure dans leur développement à la suite de la disparition précoce de la larve cécidogène qui en a déterminé la formation initiale.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *De l'accoutumance des Poissons marins aux eaux sursaturées*. Note (¹) de MM. **Charles Richet** et **Öxner**.

Beaucoup de travaux ont été faits sur l'accoutumance des Poissons aux eaux contenant plus ou moins de chlorure de sodium que n'en contient l'eau de mer. Il résulte de ces recherches — trop nombreuses pour que nous puissions les énumérer ici — que cette accoutumance est très variable suivant l'espèce sur laquelle on expérimente.

D'ailleurs ce qui a été presque exclusivement étudié, c'est la variation du pouvoir osmotique des humeurs chez les Poissons vivant dans des milieux divers. On ne s'est guère préoccupé de la prolongation de la vie au delà de quelques semaines.

Notre étude, faite à l'Institut océanographique de Monaco, a eu au contraire pour but de voir combien de temps un Poisson (*Sargus Rondeleti*) peut vivre dans un milieu graduellement et lentement surchargé de chlorure de sodium.

Un *Sargus* a été mis dans un bac contenant 60^l d'eau de mer. L'eau n'avait pas besoin d'être renouvelée, par suite de la dissolution de l'oxygène à la surface du bac. On ramenait le volume au volume primitif (que l'évaporation diminuait quelque peu) par l'addition d'un peu d'eau distillée. Ce *Sargus*, mis dans ce bac le 5 décembre 1925, a vécu jusqu'au 24 juillet 1926 (moment où l'expérience a dû être arrêtée) très bien portant, mangeant avec avidité, et tout à fait intact.

La teneur en NaCl, successivement augmentée, a été (en grammes par litre) en admettant par litre une salinité de 38^g pour l'eau de mer méditerranéenne normale :

5 décembre	1925	39,7
6 »	»	41,3
7 »	»	43,0
11 janvier	1926	44,7
9 mars	»	45,1
17 »	»	45,5
21 avril	»	45,9
15 mai	»	46,3
18 »	»	46,7

(¹) Séance du 11 octobre 1926.

5 juin 1926	....	47,1
11 » »	....	48,0
19 » »	....	48,8
30 » »	....	49,7
5 juillet »	....	50,8
17 » »	....	52,1
24 » »	....	fin de l'expérience

Ainsi ce *Sargus* a supporté une salinité dépassant de 37 pour 100 la salinité normale.

Mais il a fallu aller progressivement; car au début, quand la salinité a augmenté, en chiffres absolus, en 3 jours, de 38 à 43^g, sur trois *Sargus* deux sont morts, le troisième a été malade, et ne s'est remis que lentement; pourtant il a fini par s'habituer, et c'est celui-là qui a vécu jusqu'au 24 juillet.

D'autre part, on ne peut, au moins pour les *Sargus*, diminuer beaucoup la salinité. Aucun *Sargus* n'a pu vivre quand la teneur en NaCl n'était plus que de 31^g par litre.

Ainsi une diminution de 18 pour 100 entraîne la mort, tandis qu'une augmentation de 37 pour 100 est compatible avec la vie.

On peut comparer ces faits à ceux que l'un de nous a établis pour la fermentation lactique. On peut accoutumer le ferment à des solutions salines concentrées, mais non à la diminution de matières nutritives. Autrement dit le ferment s'habitue aux poisons, mais ne s'habitue pas au jeûne.

Nous tenons à faire remarquer que ces faits, établis sur les *Sargus*, ne s'appliquent certainement pas à d'autres poissons qui peuvent passer des eaux salines aux eaux douces où saumâtres, et inversement.

BIOLOGIE. — *Sur la variabilité des êtres vivants d'après les primitifs.* Note de M. **J. Costantin**.

Les découvertes retentissantes faites par MM. Morlet et E. Fradin à Glozel ont mis en lumière non seulement des inscriptions entières et fragmentaires mais neuf idoles et cinq vases d'idoles féminines où les arcades sourcilières, les yeux, le nez, les seins sont figurés. M. Depéret a fait, lundi dernier 11 octobre, une Communication sur ces fouilles à notre Académie (voir ci-après, p. 630); M. Loth, à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, a tenté récemment d'expliquer pourquoi ces divinités n'avaient *pas de bouche*.

A ce propos, je crois devoir rappeler que j'ai donné, en 1898 ([1]), une explication d'idoles analogues qui me paraît très sérieuse, d'après les vases mycéniens, c'est que la figure (tête) de la divinité représente le Poulpe sacré : les arcades sourcilières étant les tentacules (réduits à deux), le nez étant le corps rétréci et *les yeux étant sortis du corps de l'animal.* On trouvera une série de figures de passage dans l'ouvrage de Perrot et Chipiez ([2]) qui ne laissent aucun doute sur l'exactitude de mon interprétation (passage du Poulpe représenté d'une manière réaliste à l'animal stylisé).

De là il découle, avec rigueur je crois, que l'idée très transparente qui se trahit dans ces idoles est celle de la métamorphose du Poulpe en figure humaine. Autrement dit, le Poulpe est l'ébauche (Empédocle) ou le simulacre (Pline) de la tête humaine. C'est là un grossier transformisme dont nous trouvons l'écho dans Anaximandre, Empédocle, etc.

Les remarques précédentes convergent vers celles de M. Salomon Reinach qui, à propos des fouilles de Glozel, a pensé qu'une écriture alphabétique compliquée, *antérieure mais en partie identique* à celle du monde égéen et de la Phénicie, s'est constituée dans l'Europe occidentale, au cours du dernier âge de la pierre ([3]).

A ce propos de l'âge de pierre, je dois rappeler qu'en 1899 j'ai signalé l'identité des figures d'idoles féminines mycéniennes avec celle de la grotte d'un dolmen de la Marne (d'après Cartailhac) ([4]).

Récemment, en août 1925, lors d'une visite du Musée Miln à Carnac

---

([1]) Costantin, *Les végétaux et les milieux cosmiques* (*Bibl. sc. intern.*, **88**, 1898, p. 178, fig. 163 à 167).

([2]) *Hist. de l'Art*, 5, 1894, p. 542, 545, 546, 562, 583, 744, 752, 807, 908, 919, 927, 929, 932. Ilios, Tirynthe, Ialysos, Hissarlik. Voir surtout, pour l'idée de la métamorphose, le vase de Pitané (Houssay). On doit mentionner aussi les Poulpes si curieux de Paléikastron, Phaistos, Cnossos (Crète, fin du Bronze). Je mentionnerai aussi : Costantin, *L'ancêtre de l'homme d'après les anciens* (*Revue scientif.*, 5e série, 5, 6 et 13 janvier 1906, p. 1 et 33).

([3]) Estacio de Veiga, en 1891, et surtout Edouard Piette (Mas d'Azil), en 1896, avaient déjà, sur de moindres indices, entrevu et énoncé cette vérité. Mais ce sont deux moines portugais qui, en 1894, ont fait une découverte décisive sur un dolmen dans la région montagneuse d'Alvao, près de Tras-os-montes (Ricardo Severo).

([4]) Costantin, *Nat. trop.* (*Bibl. sc. intern.*, **93**, 1899, p. 304). A la page 278, on trouvera une représentation du Poulpe (renversé) par des artistes japonais (ivoires, Musée du Louvre) : on comprendra très bien comment l'idée d'un rapprochement avec la tête humaine a pu naître.

(Morbihan), j'ai été frappé par une figure représentant un Poulpe sur le dolmen du Lufang, de la commune de Crach, près de Carnac. C'est M. Le Rouzic, directeur de ce Musée, qui a fait cette découverte, en 1898, mais c'est Charles Keller qui, en 1905, a identifié ce dessin avec celui du Poulpe (¹) (surmontant un torse humain).

Ce document me paraît avoir une extrême importance, parce que le schéma du Poulpe est le même que sur les vases mycéniens : *les yeux sont sortis du corps*. Il me semble difficile d'admettre que l'esprit humain ait inventé deux fois un schéma aussi invraisemblable et cette constatation paraît impliquer des relations entre le monde égéen et les anciens Vénètes de la Gaule ou les peuples qui les précédèrent dans le Morbihan.

La découverte précédente a été complétée par celle du dolmen des Pierres plates de la commune de Locmariaquer (près Carnac, Morbihan), où l'on observe une stylisation du schéma précédent qui évoque nettement la figure humaine (²).

Le schéma du Poulpe se retrouve comme à Glozel dans les idoles de Saint-Sernin (Aveyron), Castelnau-Valence (Gard) (²) et dans bien d'autres stations (Asie-Mineure, Iles-Britanniques, Ibérie, Gaule).

PRÉHISTOIRE. — *Le gisement néolithique de Glozel (Allier).* Note (³) de M. **Ch. Depéret.**

En 1914 un propriétaire du hameau de Glozel, commune de Ferrière-sur-Sichon, près de Vichy, découvrait dans son champ, sur le bord du ruisseau de Vareille, affluent du Sichon, un riche gisement préhistorique qui a été, depuis, activement exploré par le propriétaire M. Fradin et par M. Morlet. Les découvertes faites en ce point ont été sensationnelles, car elles ont apporté deux ordres de documents tout à fait inattendus dans le *Néolithique :*

1° Des tablettes rectangulaires en argile légèrement cuite au feu, couvertes sur une face d'une série alignée de *signes alphabétiformes*, démontrant l'existence de la plus ancienne écriture humaine jusqu'ici reconnue.

(¹) Keller et Le Rouzic, *Le Poulpe et l'allée couverte du Lufang, Morbihan* (*Revue de l'École d'Anthropologie*, Paris, 15, juillet 1905, p. 239).

(²) Le Rouzic, *Carnac*, 1924, p. 15, fig. 1 et 2; p. 19, fig. 1 et 2.

(³) Séance du 11 octobre 1926.

2° Des galets roulés de roches vertes métamorphiques portant à leur surface des gravures d'animaux contemporains du gisement, quelques-uns émigrés de la contrée. Ces gravures sur galets étaient regardées jusqu'ici comme caractéristiques du *Paléolithique*.

A la suite de ces découvertes presque anormales, de vives discussions se sont élevées parmi les préhistoriens et les linguistes, quelques-uns d'entre eux parmi les plus éminents, contestant l'authenticité du gisement et allant jusqu'à traiter ces pièces d'œuvres de faussaires

J'ai eu l'extrême plaisir, grâce à l'amabilité de M. Morlet, de pouvoir, en compagnie de M. Viennot, visiter le gisement de Glozel, en étudier les conditions géologiques, et même y pratiquer de petites fouilles qui ont confirmé de tous points la véracité des inventeurs.

Le sous-sol de la région de Glozel est formé de couches semi-cristallines, schistes et arkoses, métamorphisées par l'action du granite avoisinant. Ces couches plongent au Nord sous le Dinantien de l'Ardoisière et sont donc d'âge antécarbonifère, sans qu'on puisse préciser davantage, faute de fossiles. En surface, ces roches métamorphiques ont été profondément altérées par les agents atmosphériques et réduites à l'état de sables siliceux et d'argiles kaoliniques. Les parties les plus fines de ces argiles, entraînées par le ruissellement, recouvrent les pentes et le fond des vallons, sous forme d'argiles jaunes compactes, non stratifiées.

Le gisement préhistorique est situé au pied d'une pente tapissée par ces argiles, presque au niveau du ruisseau de Vareille. Les tranchées de fouilles montrent partout un sol de culture d'épaisseur moyenne de $0^{m},30$, au-dessous duquel affleure directement l'argile jaune. C'est dans cette argile, à la profondeur de $0^{m},25$ environ et sur une faible épaisseur, que se trouvent les innombrables objets préhistoriques, réunis aujourd'hui en un véritable musée archéologique.

L'une des premières trouvailles a consisté en une fosse ellipsoïdale, délimitée par des murs formés de grosses pierres, jointées par de l'argile et du sable siliceux, qui a été en partie vitrifiée par le feu. Le fond de la fosse était couvert d'un dallage de briques rapprochées mais non contiguës. Il s'agit, à n'en pas douter, d'une sépulture.

Tout autour de la fosse, sur un large rayon, on a pratiqué des fouilles qui ont fourni un riche outillage, décrit en détail par M. Morlet [1], et dont les principaux éléments sont les suivants :

---

[1] MORLET et FRADIN, *Nouvelle station néolithique*, 3 fascicules. Vichy, 1924-1926.

1° De nombreuses *plaquettes en argile mal cuite*, ornées de signes alphabétiformes. M. Morlet a dressé un tableau qui comprend à l'heure actuelle une centaine de signes. Il ne peut s'agir, vu le grand nombre de ces signes, que d'une écriture idéographique et non d'un alphabet de lettres;

2° Des *haches et des tranchets polis*, en pierre verte (jadéite), étrangère à la région, de la facture néolithique habituelle. Toutefois, quelques-uns de ces outils portent sur leur face les mêmes signes alphabétiformes que les plaquettes;

3° Des *anneaux* en schistes verts, métamorphiques, parfois ornés des mêmes signes;

4° Des *outils variés en silex*, éclatés et retouchés : perçoirs, burins, racloirs, etc., d'un type plus grossier que les silex paléolithiques. Ces silex, étrangers à la région, ne peuvent guère provenir que des argiles à silex crétacées du Mâconnais;

5° La *céramique* est richement représentée par des vases en terre à briques, toujours façonnés à la main et jamais au tour, fait habituel dans l'industrie néolithique. Ces vases sont, les uns largement ouverts et représentent des écuelles ou des lampes; d'autres, au contraire, sont renflés, souvent avec un support, n'ont qu'une petite ouverture supérieure, et ne pouvaient guère servir qu'à des usages funéraires. Quelques-uns de ces vases présentent des ornements extérieurs : sillons verticaux ou obliques, parfois entre-croisés. Les plus intéressants portent sur un côté une tête humaine, représentée par des arcades sourcilières saillantes, des yeux ronds, un nez réduit à la région des os nasaux, et *jamais de bouche;* l'oreille unique est rejetée en arrière du crâne. Plusieurs de ces vases contenaient de la cendre, de nature encore indéterminée;

6° Des aiguilles en os percées d'un chas, et des harpons multidentés, de style magdalénien;

7° De grossières statuettes en argile desséchée ou à peine cuite, que l'on peut nommer des *symboles phalliques*, portant les unes l'attribut sexuel masculin, d'autres les deux attributs, masculin et féminin;

8° J'arrive à l'art des Glozéliens sous la forme de dessins d'animaux, gravés sur des galets de roches primaires du Sichon ou de l'Allier. Ces dessins sont assez primitifs et sont loin d'atteindre la perfection et le naturalisme de l'art aurignacien ou magdalénien. Néanmoins, on peut reconnaître aisément : un groupe de Chevaux sur une grande dalle, un Bœuf aux cornes courtes, épaisses à la base et recourbées en lyre, tout à fait du type du Bœuf des palafittes; puis de nombreux Cervidés parmi lesquels le

plus abondant est le Chevreuil, représenté par plusieurs sujets mâles et par des Biches, dont une avec une belle scène d'allaitement. Mais le plus intéressant de tous ces dessins est celui d'un beau sujet mâle d'un Cervidé qui a été déterminé par les uns comme un Renne, par d'autres comme un Daim. Après étude comparative d'après nature, à l'aide des pièces du Muséum de Lyon, je suis arrivé à la certitude qu'il s'agit de l'Élan (*Cervus alces*), animal forestier qui a survécu dans l'Europe centrale jusqu'au moyen âge. Ce dessin ne peut, en effet, s'appliquer au Renne dont le bois porte un long andouiller basilaire rabattu sur le front et terminé par une empaumure à hauteur du nez. Le bois du Daim, très élancé en hauteur, porte également un andouiller basilaire court, pointu et recourbé en haut. Or le dessin de Glozel ne présente qu'une perche simple sans andouiller basilaire, comme chez l'Élan. Il correspond à un Élan jeune à son troisième bois. De plus, le profil ressemble tout à fait à l'Élan par la forme très allongée du museau, au mufle dilaté et retroussé en bas. Ce caractère est bien reproduit sur le galet de Glozel.

L'authenticité de tous les objets recueillis ne laisse de place à aucun doute. J'ai voulu cependant vérifier par moi-même cette authenticité à l'aide de deux petites fouilles que j'ai fait pratiquer dans un point du gisement choisi par moi; l'une en présence de M. Viennot, l'autre en présence de M. de Varigny. Sous le terrain de culture intact, dans l'argile jaune compacte et non remaniée, nous avons eu la bonne fortune d'extraire nous-même un beau fragment de tablette à inscriptions alphabétiformes, un galet plat de schiste ardoisier carbonifère avec quelques signes du même alphabet, une dent de jeune Sanglier, et enfin un dallage en brique que j'ai suivi sur $0^{m},60$ de long et qui doit se continuer.

Aucun géologue ne saurait douter de la parfaite situation en place des objets que nous avons recueillis.

Age du gisement. — La question la plus importante est la détermination précise de l'âge du gisement. N'était la présence des plaquettes à signes alphabétiformes et des gravures sur galets, aucun préhistorien n'hésiterait, pour l'ensemble de l'outillage, à rapporter la station de Glozel au *Néolithique* le plus franc. Mais de quel néolithique s'agit-il? M. Morlet a été, à mon avis, entraîné à vieillir un peu trop le gisement et à l'attribuer à une époque de passage entre le Paléolithique et le Néolithique, par suite de la détermination inexacte qui lui a été faite comme Renne du dessin gravé qui appartient, comme on l'a vu plus haut, à l'Élan.

Le Renne, animal des pays froids, n'existe plus en France à l'époque

néolithique (période de climat tempéré), et a suivi les Magdaléniens dans leur retraite vers les contrées arctiques. L'élimination du Renne emporte la partie la plus solide de l'argumentation de M. Morlet, et pour ma part, j'incline à penser qu'il s'agit plutôt d'un Néolithique récent, un peu antérieur seulement à l'âge des métaux.

Quoi qu'il en soit, la découverte de Glozel est l'une des plus importantes qui ait été faite depuis longtemps dans la préhistoire française et dans nos connaissances sur le développement intellectuel de l'humanité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la composition chimique des alliages sur l'aptitude à l'obtention de pièces moulées (ou coulabilité).* Note [1] de MM. **Léon Guillet** et **Albert Portevin**.

Il est évident que la première condition à réaliser dans la fabrication des pièces moulées est le remplissage complet du moule par l'alliage. Tout en dépendant de la fluidité de l'alliage à la température de coulée, cette aptitude au remplissage total de la capacité offerte à l'alliage fondu en est distincte et apparaît comme une propriété complexe, résultante d'un assez grand nombre de grandeurs physiques dépendant du métal (fluidité, capacité calorifique, chaleur latente et vitesse de solidification, etc.) et du moule (capacité calorifique, épaisseur, etc.) ainsi que de la forme de la pièce et des conditions de coulée (température de l'alliage et du moule et vitesse de coulée). La fluidité est une grandeur physique bien définie et mesurable, fonction de la température et de la composition de l'alliage, alors que la propriété envisagée dépend non seulement de ces variables, mais aussi du moule et de la pièce. Pour éviter toute méprise et toute confusion, il serait désirable de la désigner par un mot spécial distinct et l'on a déjà employé dans ce but, à défaut d'autre, celui de *coulabilité* [2].

Il est très utile de pouvoir repérer cette propriété primordiale en fonderie, il n'y a pour cela qu'à apprécier la facilité de remplissage d'un moule défini; plusieurs éprouvettes de coulabilité ont déjà été utilisées dans ce but, West, Ledebur, Sexton et Primrose, Moldenke). Le plus simple est de couler le métal dans un canal horizontal de section constante et déterminée et de mesurer la longueur atteinte; pour réduire l'encombrement du moule, Daikichi Saito et Kennosuké Hayashi [3] ont enroulé ce canal en

---

(1) Séance du 11 octobre 1926.

(2) A. Portevin, *Leçons à l'École supérieure de Fonderie*, 1924.

(3) *Memoirs College Eng. Kyoto Imp. Univ.*, 2, 1919, p. 83, et 3, 1924, p. 165.

spirale dans un plan horizontal : on mesure alors la longueur développée de la spirale obtenue. Ce type d'éprouvette a été retouché par M. Remy et Ch. Cury et nous l'avons également adopté en le modifiant légèrement.

On peut ainsi, pour un alliage donné, apprécier l'influence de la température de coulée sur la coulabilité et avoir ainsi un repère et un contrôle de cette température très utile dans la pratique de la fonderie.

Par contre, aucune étude systématique de l'influence de la composition et du diagramme de l'alliage ainsi que de la température de coulée sur la coulabilité n'a été encore effectuée. Nous avons entrepris cette étude en commençant par les alliages à courbes de fusibilité simples, c'est-à-dire les alliages dont le liquidus ne comporte que deux branches avec point eutectique. Nous indiquerons ici quelques conclusions qui s'en dégagent.

Avec les alliages à bas point de fusion, il était facile de couler l'éprouvette en moule métallique, ce qui assurait une parfaite constance des dimensions et de la forme du moule. La section de la spirale était légèrement trapézoïdale pour assurer le démoulage (hauteurs : petite base $= 5^{mm}$; grande base $= 6^{mm}$). Les températures de coulée et du moule étaient déterminées par des couples thermo-électriques.

Les résultats obtenus avec les alliages étain-bismuth et étain-plomb pour deux températures de coulée (550° et 450°) sont résumés dans les figures 1 et 2 (température du moule $20^\circ \pm 1$).

Ces résultats appellent les remarques suivantes :

1° S'il en était besoin, on y trouverait une confirmation de la distinction entre la fluidité et la coulabilité. D'après Ragnar Arpi, la fluidité des alliages liquides étain-plomb à une température donnée varie linéairement en fonction de la composition chimique, alors que la coulabilité d'après nos déterminations (*fig.* 1) présente une valeur maximum pour la composition eutectique.

2° Les courbes des figures 1 et 2 présentent la même allure, tandis que les courbes de fusibilité de ces alliages ont également même forme avec eutectique. Aux eutectiques correspondent le maximum des courbes de coulabilité. Mais ceci n'est pas général; car le pointement à l'aplomb de la composition eutectique ne se retrouve pas dans les alliages plomb-antimoine également étudiés.

3° Cet accroissement considérable de la coulabilité marquant la température eutectique pourrait être attribué uniquement au bas point de fusion de l'alliage puisque la coulabilité apparaît dans ces alliages comme variant en sens inverse de la température de début de solidification (liquidus). On serait tenté de penser que la coulabilité varie d'une manière continue en

fonction de l'excès de la température de coulée sur la température de début de solidification. La coulabilité ayant été déterminée pour deux températures de coulée, on peut, en admettant qu'elle est fonction linéaire de ces dernières, calculer un coefficient de température de la coulabilité et voir par suite ce qu'elle serait pour des températures de coulée excédant d'un

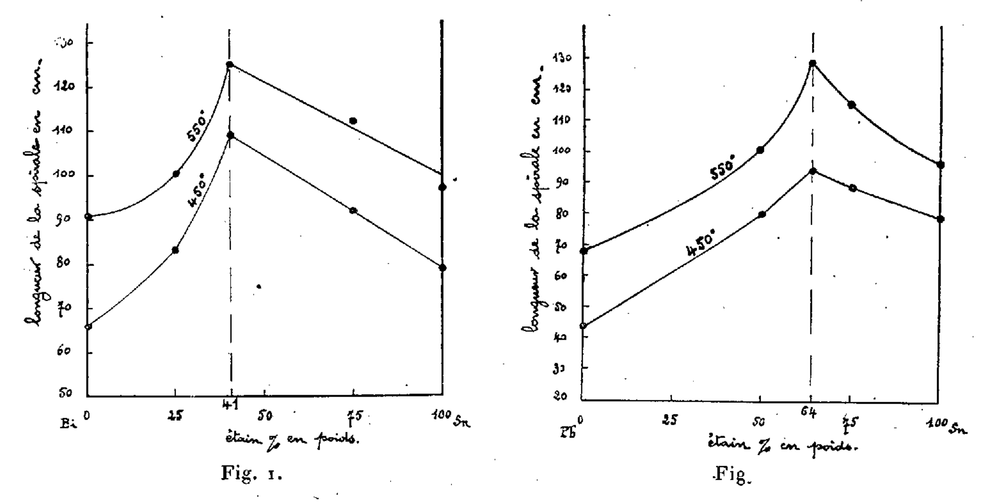


Fig. 1. Fig.

nombre de degrés déterminé la température de début de solidification; on retrouve encore dans les alliages étain-bismuth, pour la température eutectique, une valeur excédant notablement celle qui résulterait d'une variation linéaire en fonction de la composition; cela n'est plus vrai pour les alliages étain-plomb.

Il y a donc, en outre, intervention d'une qualité spécifique de l'alliage, probablement la vitesse de solidification.

Nos recherches continuent.

BIOLOGIE. — *L'activation et la rectification dans la Parthénogenèse des Échinides par l'hypertonie seule.* Note [1] de MM. E. **Bataillon** et **Tchou Su**.

Les résultats obtenus par Just [2] sur les œufs d'*Arbacia* sont confirmés [3] et étendus à d'autres Échinides chez lesquels l'explosion mem-

(1) Séance du 11 octobre 1926.

(2) E.-E. Just, *Initiation of Development in the Egg of Arbacia* (*Biol. Bull.*, **43**, 1922, p. 384 à 400).

(3) E. Bataillon, *Le processus membranogène et le développement régulier provoqués chez les œufs vierges d'Échinides par le seul traitement hypertonique.* (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1508 à 1511).

branogène est beaucoup plus nette et beaucoup plus constante. Le rôle dirimant de l'hypertonie, discutable avec des sels perméabilisants comme NaCl et KCl, est mieux établi avec l'eau de mer concentrée [1] qui respecte à peu près la proportion des constituants de l'eau normale.

Pour Just le traitement unique étant *plasmolysant, non cytolysant*, l'idée d'une cytolyse rectifiée par la solution hypertonique (Loeb) doit être abandonnée.

En effet, les deux temps des opérations de Loeb n'ont plus le sens qu'il leur avait donné. S'il y a une amorce de cytolyse au départ, le soulèvement de la membrane est une *réaction* qui suppose un changement d'état plasmatique. Là est la contrepartie de l'action directe : elle appartient à l'activation dont elle est une caractéristique essentielle.

La rectification se ramène à la *régulation de l'amphiaster* initial : nous en trouverons sans doute la clef dans l'asynchronisme entre karyokinèse et sphérokinèse décrit par l'un de nous il y a plus de 20 ans dans la parthénogenèse abortive des Amphibiens et des Poissons : c'est un phénomène général.

Il s'agit de voir si les deux temps ainsi définis ne pourraient pas être dégagés du traitement hypertonique simple.

I. *La membrane apparaît au seuil de la cytolyse.* Des œufs de *Paracentrotus* sont observés sur le porte-objet dans une goutte très étalée de solution hypertonique faible (4^{cm^3} de NaCl 2,5 M pour 26^{cm^3} d'E. M.). L'eau se concentre et l'apparition des membranes *débute sur les œufs périphériques*. Beaucoup se gonflent et se *cytolysent par leur bord externe, la membrane se détachant au bord interne.*

Même dans les conditions les plus favorables, l'hypertonie ne provoque jamais une réaction générale sans une certaine proportion de cytolyses.

La fonte du chorion est un indice de *surmaturité*. Dans un délai relativement court, le matériel va se désagréger. Voici des expériences:

Expérience a. — Des œufs d'Arbacia, pondus le matin à la suite d'une large excision du péristome, *réagissent tous à la fécondation;* mais leur membrane se détache mal et tardivement. Le chorion commence à s'altérer. Il faut arriver à $10^{cm^3},5$ ou

---

(1) Dans les combinaisons expérimentales qui vont suivre, nous emploierons l'index EM pour désigner l'eau de mer, l'index EMC pour désigner l'eau de mer concentrée isotonique à 2,5 M. NaCl.

11^{cm^3} NaCl 2,5 M + 19,5 ou 19 EM, pour obtenir 70 pour 100 de membranes. Avec 35 minutes d'exposition on a le lendemain une bonne culture de larves. Mais ici, comme dans la fécondation, *la membrane* n'est, pendant longtemps, qu'un *simple gonflement du cortex*.

Expérience b. — Les mêmes œufs abandonnés dans une coupelle pendant 5 heures n'ont plus de chorion, et pour les $\frac{2}{3}$ ne réagissent plus à la fécondation. Une opération de parthénogenèse conduite comme ci-dessus fournit des *membranes uniformes et largement détachées*, avec des cytolyses dans la proportion de $\frac{1}{3}$. Les œufs intacts se clivent régulièrement et donnent des larves très actives.

Expérience c. — Des œufs sans chorion recueillis de la même manière *ne réagissent plus du tout à la fécondation*, alors que ceux d'une autre femelle, fécondés avec le même sperme, se divisent tous au bout d'une heure. Traités par

$$10^{cm^3} \text{ NaCl } 2{,}5\text{M} + 20\,\text{EM} + 2^{cm^3} \text{KCN } 2{,}5\text{M pour } 100$$

et reportés à l'eau après 40, 60 et 75 minutes, ces *œufs infécondables qui ont tous soulevé leur membrane*, sont cytolysés pour une moitié, les autres se divisant normalement et *donnant le lendemain soir de jeunes Plutei très actifs*.

Cette expérience prouve que *la fécondabilité n'est pas toujours*, comme le pense Just, *le critère de l'aptitude à la parthénogenèse*. Elle montre, comme les précédentes, que *la réaction membranogène apparaît bien aux confins de la cytolyse*.

II. *La membranogenèse obtenue par action cumulée d'une hypertonie insuffisante et d'un cytolysant à dose inefficace dégage le phénomène initial et nous édifie sur sa nature*. Un choix s'impose, car la réaction doit pouvoir se faire *au contact* de l'agent cytolysant, comme dans le mélange hypertonique lui-même. C'est le cas du chloroforme.

Expérience d. — Des œufs de *Paracentrotus* ne soulèvent leur membrane que dans l'eau de mer saturée de chloroforme *à peine diluée de moitié*. D'autre part, ils ne réagissent qu'à 7 EMC + 23 EM. Dans le milieu 4 EMC + 10 eau chloroformée + 16 EM, la membranogenèse est générale et presque instantanée. Mais *la rectification est impossible en présence du chloroforme*.

Expérience e. — L'exposition rapide aux vapeurs chloroformiques, pratiquée comme sur les œufs de Batraciens, fournit une démonstration plus élégante. Des œufs d'*Arbacia* ne réagissent qu'à $\frac{9{,}5}{30}$ EMC. Étalés en une seule couche et exposés plus de 30 secondes aux vapeurs de chloroforme, ils soulèvent leur membrane au retour à l'eau. *Abaissons progressivement* sur cinq lots cette exposition, aux *durées inefficaces comprises entre* 30 *et* 15 *secondes*, et immergeons ces œufs respectivement dans cinq concentrations croissantes : 4 EMC + 26 EM, 5 EMC + 25 EM, 6 EMC + 24 EM,

7 EMC + 23 EM, 8,5 EMC + 21,5 EM. Les membranes apparaissent partout : 50 et 60 pour 100 dans les deux premiers lots, 75 pour 100 à partir du troisième. *Le cumul des actions nous oblige à diminuer la durée du contact avec les vapeurs à mesure que la concentration s'élève*, sans quoi la cytolyse est générale. L'hypertonie agit uniformément 35 minutes. Or, à partir de 6 EMC, on obtient de superbes cultures de *Plutei* nageants. D'où cette conclusion : *La concentration nécessaire* (*même la concentration optima*) *pour la régulation, est inférieure à celle qu'exige l'activation.* C'est une simple coïncidence si, quand l'hypertonie joue seule, la régulation est possible pour une fraction variable des œufs, au titre indispensable à la membranogenèse (pourvu que ce titre ne soit pas trop élevé).

L'addition de quelques gouttes de NaOH $\frac{M}{10}$ produit de même une belle activation des œufs, *réfractaires aux plus fortes concentrations tolérées.*

III. *Les deux temps du phénomène doivent théoriquement être dissociables par le cyanure.* L'*activation*, nous dit Loeb, se fait en l'absence d'O; l'*hypertonie* est inefficace en présence de 2^{cm^3} KCN $\frac{1}{20}$ pour 100 dans 58^{cm^3} du milieu employé.

L'*expérience c* ci-dessus prouve que chez les *œufs d'Arbacia, la régulation de l'amphiaster est possible en présence d'une dose de cyanure supérieure à celle considérée comme inhibitrice des oxydations.* Ces œufs *très réfractaires* donnent la membrane même avec $\frac{1^{cm^3}}{5}$ KCN à 5 pour 100 dans 30^{cm^3} du milieu hypertonique : mais $\frac{1^{cm^3}}{10}$ abolit la régulation. Avec les œufs de *Sphærechinus* et de *Paracentrotus*, la régulation est inhibée aux doses faibles employées par Loeb, la tolérance étant cinq fois plus forte pour la membranogenèse.

Le cyanure isole l'un de l'autre deux processus dont le second reste à préciser. *Le même facteur* (*hypertonie*), *agissant sur un équilibre qui change, peut produire des effets différents.*

M. L. **Joubin** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Les métamorphoses des animaux marins.*

CORRESPONDANCE.

M. **Georges Grimaux** fait hommage à l'Académie d'un portrait de son père, feu **Édouard Grimaux**, qui fut membre de la Section de Chimie.

M. **Louis Marin**, directeur de l'*École d'Anthropologie*, prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter à la séance de célébration du cinquantenaire de cet Établissement, le mercredi 3 novembre 1926.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Une feuille de la *Carte du gouvernement de Voronèje* (*Russie*) au $\frac{1}{1200000}$, par M. le professeur Schokalsky. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° *Théorie des nombres*, par M. Kraïtchik. Tome II. *Analyse indéterminée du second degré et factorisation.* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur la dimension des ensembles fermés* (1). Note de M. **Paul Alexandroff**, présentée par M. Hadamard.

1. Le but de la présente Note est de démontrer la proposition suivante :

Théorème. — *Soit* F *un ensemble fermé et borné situé dans l'espace euclidien* E^n *à un nombre quelconque n de dimensions, ou même dans le parallélépipède fondamental* E^ω *de l'espace de M. Hilbert* (2). *Soit* λ *la dimension de* F. *Il existe alors pour tout nombre* $\varepsilon > 0$ *une déformation continue* $\Delta_\varepsilon^\bullet(F)$ *de*

(1) Nous considérons dans ce qui suit la dimension générale des ensembles définie d'après Paul Urysohn et M. K. Menger [voir P. Urysohn, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 440, et *Mémoire sur les multiplicités cantoriennes* (*Fund. Math.*, 7, 1925, p. 30; 8, 1926, p. 225; K. Menger, *Monatshefte f. Math. u. Phys.*, 33, 1923, p. 148; 34, 1924, p. 137]. La définition de P. Urysohn et M. K. Menger est d'ailleurs équivalente à celle donnée par M. Brouwer en 1913 (*Journ. de Crelle*, 142, p. 146). Elle constitue une réalisation mathématique des idées générales de Poincaré sur le nombre de dimensions [Henri Poincaré, *Pourquoi l'espace à trois dimensions* (*Revue de Métaphysique et de Morale*, 20, 1912, p. 584)].

(2) Nous appelons parallélépipède fondamental E^ω l'ensemble de tous les points de l'espace de M. Hilbert, dont la $n^{\text{ième}}$ coordonnée x_n vérifie (quel que soit n) les inégalités $0 \leq n_n \leq \frac{1}{n}$. D'après un résultat de P. Urysohn (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 65), tout espace métrique séparable [« classe (D) » de M. Fréchet] est homéomorphe à un sous-ensemble de E^ω.

l'ensemble F *qui transforme* F *en un complexe à* λ *dimensions* ([1]) C_ε^λ, *et cela de façon, qu'aucun point de* F *ne subit, au cours de cette déformation, de déplacement supérieur à* ε ([2]).

Il existe d'autre part un nombre positif $\varepsilon_0(F)$ *tel qu'il est impossible, pour* $\varepsilon < \varepsilon_0(F)$, *de remplacer, dans l'énoncé précédent,* C_ε^λ *par un complexe à un nombre de dimensions inférieur à* λ.

2. La seconde partie de ce résultat n'est qu'un cas particulier d'une proposition générale qui se trouve déjà en principe dans la première démonstration de l'invariance du nombre des dimensions, démonstration publiée par E. Brouwer en 1911 (voir *Mathematische Annalen*, 70, p. 161).

Principe de M. Brouwer (Principe général d'invariance). — *Soit* F *un ensemble fermé situé dans* E^n *ou dans* E^ω. *Il existe un nombre positif* $\varepsilon_0(F)$ *jouissant de la propriété suivante : si* Φ *est une image continue de* F, *telle que tout point de* F *est distant de son image dans* Φ *de moins de* $\varepsilon_0(F)$, φ *ne peut avoir une dimension inférieure à celle de* F.

3. Dans cette forme générale le principe de M. Brouwer résulte du théorème suivant dû à Urysohn ([3]) :

La dimension d'un ensemble fermé est égale au plus petit nombre λ *tel qu'il existe, pour tout nombre positif* ε, *un système* $(\varepsilon, \lambda+1)$ *d'ensembles fermés* ([4]) *dont la somme coïncide avec* F.

4. Pour aller plus loin, le lemme suivant nous est indispensable :

Lemme. — *Soient* $\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_s$ *des ensembles formant un système* $(\varepsilon, \lambda+1)$, *et dont chacun est constitué d'un nombre fini de cubes appartenant à un certain cubillage canonique* ([5]) *de* E^n. *Il existe alors une déformation* ε *de* $\Pi + \Pi_1 + \ldots + \Pi_s$ *en un complexe* C^λ *à* λ *dimensions.*

([1]) Un complexe C^λ à λ dimensions est, par définition, une figure constituée d'un nombre fini de tétraédroïdes à λ dimensions au plus, dont au moins un est de dimension λ. Si deux tétraédroïdes $T^{\lambda'}$ et $T^{\lambda''}$ ($\lambda' \leq \lambda'' \leq \lambda$), considérés comme éléments du complexe, ont des points communs, l'ensemble de ces derniers points constitue une seule face r-dimensionnelle ($r < \lambda'$) commune à $T^{\lambda'}$ et $T^{\lambda''}$.

([2]) Nous exprimons cette dernière propriété de $\Delta_2(F)$ en disant que $\Delta_2(F)$ est *une déformation* ε.

([3]) *Fund. Math.*, 8, 1926, p. 301.

([4]) Un système fini d'ensembles $F_1, F_2, \ldots, F_s$ est dit un système $(\varepsilon, \lambda+1)$ si le diamètre $\delta(F_i)$ de tout F_i est inférieur à ε et s'il n'existe aucun point appartenant à plus que $\lambda+1$ parmi les ensembles $F_1, F_2, \ldots, F_s$.

([5]) Nous désignons ainsi les cubillages spéciaux introduits par M. Lebesgue (voir *Fund Math.*, 2, 1921, p. 266).

Désignons par $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ la partie commune à $\Pi_{i_1}, \Pi_{i_2}, \ldots, \Pi_{i_k}$. Sans restreindre la généralité, on peut supposer que tout $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ est vide ou constitué d'un nombre fini de variétés polyédrales à $n - k + 1$ dimensions (donc, en particulier, que Π_i et Π_j $(i \neq j)$ n'ont aucun point intérieur en commun).

Deux ensembles du type $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_\lambda i_{\lambda+1}}$ n'ayant évidemment aucun point commun, on peut réduire par une déformation ε_1 tout $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_\lambda i_{\lambda+1}}$ à un seul point $\omega_{i_1 i_2 \ldots i_\lambda i_{\lambda+1}}$. Il existe donc une ε-déformation transformant la somme $\Sigma_{\lambda+1}$ de tous les $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_\lambda i_{\lambda+1}}$ en un complexe C^0 à zéro dimensions (ce complexe étant formé des points $\omega_{i_1 i_2 \ldots i_\lambda i_{\lambda+1}}$).

Supposons obtenue une déformation ε transformant la somme Σ_{k+1} de tous les $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_{k+1}}$ en un complexe $C^{\lambda-k}$, somme des $C^{\lambda-k}_{i_1 i_2 \ldots i_{k+1}}$, images des $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_k i_{k+1}}$ correspondants.

Pour obtenir une déformation analogue de Σ_k, remarquons qu'il existe une déformation ε que nous désignons par $\Delta_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ et qui jouit des propriétés suivantes : 1° elle laisse invariable tout point de $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ appartenant à un $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_k i_{k+1}}$ quelconque (donc à Σ_{k+1}); 2° elle transforme $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ en un complexe $\overset{*}{C}{}^{n-k+1}_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ obtenu en joignant par des segments rectilignes un point déterminé $\omega_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ de $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ avec tous les points de $\Pi_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ appartenant à Σ_{k+1}. Il résulte de 1° que les déformations $\Delta_{i_1 i_2 \ldots i_k}$, effectuées simultanément, produisent une déformation ε de Σ_k en $\overset{*}{C}{}^{n-k+1}$, somme de tous les $\overset{*}{C}{}^{n-k+1}_{i_1 i_2 \ldots i_k}$. Or il résulte de la structure de $\overset{*}{C}{}^{n-k+1}$ que la déformation ε de Σ_{k+1} en $C^{\lambda-k}$ évoque une déformation ε de $\overset{*}{C}{}^{n-k+1}$ (et de Σ_k) en un complexe $C^{\lambda-k+1}$ obtenu en joignant par des segments rectilignes tout point $\omega_{i_1 i_2 \ldots i_k}$ avec tous les points des $C^{\lambda-k}_{i_1 i_2 \ldots i_k i_{k+1}}$ correspondants.

Pour $k = 1$, on obtient bien le résultat affirmé par le lemme.

Le reste de la démonstration (basé sur le résultat du n° 3 et sur le lemme que nous venons de démontrer) ne présente que des difficultés d'ordre secondaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles et les équations intégro-différentielles linéaires à une infinité de variables.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Pour intégrer ces équations, nous généraliserons les méthodes que nous avons employées précédemment [1] pour un nombre fini de variables. Nous commencerons par les équations du *premier ordre*, qui nous seront particulièrement utiles dans l'étude d'un système infini d'équations différentielles ordinaires à une infinité d'inconnues. Considérons donc *l'équation linéaire*

---

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1409, et 180, 1925, p. 570.

aux dérivées partielles du premier ordre

$$\text{(P)} \qquad \frac{\partial\varphi(xy_1y_2\ldots)}{\partial x} = \sum_{i=1}^{i=+\infty} f_i(xy_1y_2\ldots)\frac{\partial\varphi(xy_1y_2\ldots)}{\partial y_i},$$

qui contient une infinité de variables indépendantes $x, y_1, y_2, \ldots$.

Si l'on intègre les deux membres par rapport à x en ajoutant au second membre une fonction arbitraire $\psi(y_1y_2\ldots)$ des variables y_i, l'équation (P) se transforme (et il en serait de même pour l'équation analogue non homogène) en une *équation intégro-différentielle*, qui n'est qu'un cas particulier de la suivante

$$(1) \qquad \varphi(xy_1, y_2\ldots) = \psi(xy_1y_2\ldots) + \lambda\int_\xi^x \sum_{i=1}^{i=+\infty} f_i(txy_1y_2\ldots)\frac{\partial\varphi(ty_1y_2\ldots)}{\partial y_i}\,dt,$$

caractérisée par la présence de la variable x (en même temps que de la variable d'intégration t) dans les coefficients f_i aussi bien que dans ψ, λ étant un paramètre. Nous prendrons immédiatement le type général (1), *en supposant* (*hypothèse* α) *tous ses coefficients* ψ et f_i *holomorphes* tant que les variables complexes $x, y_1, y_2, \ldots$ ne sortent pas respectivement de certains domaines $\Delta_0, \Delta_1, \Delta_2, \ldots$ (bornés, complets et simplement connexes). Le chemin d'intégration parcouru par t depuis ξ jusqu'à x sera une ligne rectifiable (L), de longueur finie l, tracée entièrement dans Δ_0.

II. Cela posé, il est évident que l'équation (1) est *formellement* satisfaite par la série

$$\varphi(xy_1y_2\ldots) = \sum_{n=0}^{n=+\infty} u_n(xy_1y_2\ldots),$$

où u_0 est égal à ψ et où u_n se déduit de u_{n-1} par la formule de récurrence

$$(2) \qquad u_n(xy_1y_2\ldots) = \lambda\int_\xi^x \sum_{i=1}^{i=+\infty} f_i(txy_1y_2\ldots)\frac{\partial u_{n-1}(ty_1y_2\ldots)}{\partial y_i}\,dt.$$

S'il existe un domaine, où cette série soit *uniformément* convergente, elle y représentera *effectivement* une solution de l'équation (1), solution que nous désignerons par $\varphi(xy_1y_2\ldots, \psi\xi)$. *C'est ce qui a lieu si* (hypothèse β), *à l'intérieur de chaque* Δ_i, *on peut décrire un cercle* C_i *de rayon* r_i *tel que la*

série $\sum_{i=0}^{i=+\infty} \frac{F_i}{r_i}$ *soit convergente*, F_i étant la borne supérieure du module $f_i(txy_1y_2\ldots)|$ lorsque x et t sont dans Δ_0 et que y_i reste dans C_i. Appelons σ la somme de cette série, M la borne supérieure de $|\psi|$ dans le même domaine, η_i le centre de C_i. Déterminons alors dans chaque C_i un cercle γ_i de centre η_i et de rayon ρ_i assez petit pour que la série $\sum_{i=0}^{i=+\infty} \frac{\rho_i}{r_i}$ soit convergente et ait une somme $\varepsilon < 1$, la série $\sum_{i=0}^{i=+\infty} \frac{|y_i - \eta_i|}{r_i}$ ayant par suite elle-même une somme $\leqq \varepsilon$, si l'on astreint chaque y_i à rester dans γ_i. Dans ces conditions on a ce *théorème d'existence :*

Théorème A. — *L'équation* (1) *admet une solution holomorphe* $\varphi(xy_1y_2\ldots, \psi\xi)$, *représentée par la série* Σu_n, *tant que* y_i *est dans* γ_i *et que* x *reste (ainsi que* t*) à l'intérieur de la région* $R(\xi, \eta_i)$ *qui est commune à* Δ_0 *et au cercle décrit de* ξ *comme centre avec* $\frac{1-\varepsilon}{|\lambda|\sigma}$ *pour rayon.*

Cela résulte immédiatement de ce que $|u_n|$ est alors $< M \frac{(\sigma|\lambda|l)^n}{(1-\varepsilon)^{n+1}}$ de sorte que Σu_n est *normalement* convergente dans les conditions précitées.

En particulier, on voit que *l'équation* (P) *a, dans les mêmes conditions, une solution holomorphe* $\varphi(xy_1y_2\ldots, \psi\xi)$, *représentée par une série analogue* Σu_n *et se réduisant en un point arbitraire* $x = \xi$ *de* Δ_0 *à une fonction arbitraire* $\psi(y_1y_2\ldots)$.

III. Tout ceci reste vrai si l'on prend, au lieu de F_i, la borne supérieure $F'_i(\geqq F_i)$ de $|f_i|$ lorsque x et t restent dans Δ_0 *et* y_i *dans* Δ_i. Soient r'_i des longueurs telles que la série $\sum \frac{F'_i}{r'_i}$ soit convergente; appelons σ' sa somme. Imaginons la ligne G_i décrite par le centre η_i d'un cercle C'_i (de rayon r'_i), quand celui-ci se déplace en restant tangent au contour de Δ_i et sans qu'aucun de ses points sorte à l'extérieur de Δ_i. Si ces conditions sont réalisées, considérons des cercles γ'_i, de centre η_i et de rayon ρ'_i assez petit pour que la série $\sum_{i=0}^{\infty} \frac{\rho'_i}{r'_i}$ soit convergente et ait une somme $\varepsilon' < 1$. Soit enfin Γ_i l'enveloppe extérieure de γ'_i, lorsque son centre η_i décrit G_i. De ce qui précède on déduit cette proposition :

Théorème B. — *Chaque* y_i *restant à l'intérieur de* Γ_i, *l'équation* (1) *admet une solution holomorphe* Σu_n *si* x *reste (ainsi que* t*) à l'intérieur de la région commune à* Δ_0 *et au cercle décrit de* ξ *comme centre avec* $\frac{1-\varepsilon'}{|\lambda|\sigma'}$, *pour rayon.*

IV. Les considérations précédentes s'étendent à des équations intégro-différentielles linéaires d'*ordre quelconque*. Comme pour les équations, à un nombre fini de variables, un cas particulièrement intéressant est celui où l'ordre d'intégration est supérieur à l'ordre maximum de dérivation : la solution est alors en effet holomorphe dans *le même* domaine que les coefficients ψ et f_i.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries doubles de Fourier.* Note [1] de M. **Leonida Tonelli**, présentée par M. Hadamard.

1. J'ai donné récemment, à l'occasion de certaines recherches sur la quadrature des surfaces [2], une nouvelle définition d'une fonction d'une $f(x, y)$ *à variation bornée*. Je vais faire, à présent, une application de cette définition à la convergence des séries doubles de Fourier.

J'établirai d'abord un théorème de convergence qui donne la généralisation du théorème bien connu de Jordan sur les séries de Fourier des fonctions d'une seule variable. Ensuite, je déduirai du théorème général plusieurs caractères de convergence, parmi lesquels on retrouvera, en particulier, presque tous les caractères connus.

2. La fonction $f(x, y)$, que j'aurai à considérer dans la suite, sera toujours : 1° donnée dans tout le plan (x, y); 2° périodique, avec la période 2π, soit par rapport à x, soit par rapport à y; 3° intégrable (au sens de M. Lebesgue) dans le carré $Q \equiv [0 \leqq x \leqq 2\pi, 0 \leqq y \leqq 2\pi]$. En considérant $f(x, y)$ seulement comme fonction de x, j'indiquerai par $V(x, y)$ sa variation totale dans l'intervalle $(0, x)$ avec $0 < x \leqq 2\pi$. En outre, je supposerai $V_{(x)}(x, y)$ définie dans tout le plan (x, y) par la périodicité, avec la période 2π, soit par rapport à x, soit par rapport à y. On aura une définition analogue pour $V_{(y)}(x, y)$.

3. Cela posé, on a le théorème suivant :

Si la fonction $f(x, y)$ est à variation bornée dans Q, *et si pour le*

---

(1) Séance du 11 octobre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1198.

point (x, y), *on a*

$$\lim_{\substack{u \to +0 \\ v \to}} \{ V_{(x)}(x+u, y+v) - V_{(x)}(x+0, y+v) \} = 0,$$

$$\lim_{\substack{u \to +0 \\ v \to 0}} \{ V_{(x)}(x-u, y+v) - V_{(x)}(x-0, y+v) \} = 0,$$

$$\lim_{\substack{u \to 0 \\ v \to +0}} \{ V_{(y)}(x+u, y+v) - V_{(y)}(x+u, y+0) \} = 0,$$

$$\lim_{\substack{u \to 0 \\ v \to +0}} \{ V_{(y)}(x+u, y-v) - V_{(y)}(x+u, y-0) \} = 0,$$

la série double de Fourier de $f(x, y)$ *est convergente au point* (x, y) *et sa somme est donnée par*

$$(1) \quad \frac{1}{4}\{ f(x+0, y+0) + f(x-0, y+0) + f(x-0, y-0) + f(x+0, y-0) \}.$$

Ici et par la suite, la convergence d'une série double est considérée suivant la définition de MM. Stolz et Pringsheim.

Sur la convergence uniforme on a :

Si $f(x, y)$ *est à variation bornée dans* Q *et si* $V_{(x)}(x, y)$ *et* $V_{(y)}(x, y)$ *sont partout des fonctions uniformément continues, respectivement de* x *et de* y [1], *la série double de Fourier de* $f(x, y)$ *converge partout uniformément.*

On a aussi : *Si* $V_{(x)}(x, y)$ *et* $V_{(y)}(x, y)$ *sont bornées dans* Q *et si, dans tout domaine fermé intérieur à* Q, *elles sont des fonctions uniformément continues, respectivement de* x *et de* y, *la série double de Fourier de* $f(x, y)$ *converge uniformément dans tout domaine fermé intérieur à* Q.

4. *Si* $f(x, y)$ *est bornée et monotone dans le domaine*

$$Q' \equiv [0 \leq x < 2\pi, \ 0 \leq y < 2\pi],$$

et si au point (x, y) *les quatre limites* $f(x \pm 0, \ y \pm 0)$ *existent, la série double de Fourier* $f(x, y)$ *converge vers* (1) [2].

Par fonction $f(x, y)$ *monotone* j'entends une fonction monotone par rapport à x (et toujours dans le même sens) et monotone par rapport à y (et toujours dans le même sens, mais non pas nécessairement égal au précédent.

---

(1) Pour $x = 0$ (ou $x = 2k\pi$) la continuité à droite de $V_{(x)}(x, y)$ sera entendue relativement non pas à la valeur de $V_{(x)}(0, y)$ (qui est $= V_{(x)}(2\pi, y)$ mais à la valeur 0. De même pour la continuité de $V_{(y)}(x, y)$.

(2) Dans un cas particulier de cette proposition on retrouve un caractère de convergence de M. Hobson (*The Theory of Functions of a real Variable...*, vol. **2**, 2e édition, 1926, p. 710).

5. *Si $f(x, y)$ est bornée dans Q, si à l'intérieur de Q ses nombres dérivés par rapport à x sont bornés dans un sens, et si ses nombre dérivés par rapport à y sont également bornés dans un sens (non nécessairement le même que le précédent), la série double de Fourier de $f(x, y)$ converge vers* (1) *en tout point où les limites $f(x \pm 0, y \pm 0)$ existent* (¹).

6. *Si $f(x, y)$ est bornée dans Q et s'il existe un nombre $N > 0$ tel que $f(x, y)$, considérée tant comme fonction de x seulement que comme fonction de y seulement, ait toujours dans Q un nombre d'oscillations $\leqq N$, la série double de Fourier de $f(x, y)$ converge vers* (1) *en tout point où les limites $f(x \pm 0, y \pm 0)$ existent.*

8. *Si $f(x, y)$ est une fonction absolument continue tant de x que de y, et s'il existe deux nombres N et σ, > 0, tels que l'on ait toujours*

$$\int_0^{2\pi} |f'_x|^{1+\sigma}\, dx < N, \qquad \int_0^{2\pi} |f''_y|^{1+\sigma}\, dy < N,$$

la série double de Fourier de $f(x, y)$ converge partout uniformément vers $f(x, y)$.

9. *Si $f(x, y)$ est à variation double bornée* (²) *dans Q, et si $f(x, 0)$ et $f(0, y)$ sont des fonctions, respectivement de x et de y, à variation bornée, la série double de Fourier de $f(x, y)$ est partout convergente vers la valeur* (1) (³). *Si, en outre, $f(x, y)$ est partout continue, la convergence de la série est partout uniforme.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les caractérisques des équations aux dérivées partielles du premier ordre.* Note de M. **G. Cerf**, présentée par M. Goursat.

Une équation aux dérivées partielles du premier ordre à la fonction inconnue z des variables indépendantes : $x_1, x_2, \ldots, x_n$,

(1) $$F(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_1, p_2, \ldots, p_n) = 0,$$

(¹) Le caractère de convergence de Cerni (*Rend. Inst. Lomb. Scienze e Lettere*, 34, 1901, p. 921) est évidemment un cas particulier de cette proposition.

(²) Les fonctions *à variation double bornée* sont les fonctions *à variation bornée* suivant MM. Vitali, Lebesgue, De La Vallée Poussin.

(³) On a ainsi le caractère de convergence de M. Hardy (*Quart. Journ.*, 37, 1906, p. 53) dont un cas particulier est celui de M. Krause (*Leipzig. Berichte*, 55, 1903, p. 164).

admet en général ∞^{2n-1} courbes caractéristiques supportant chacune un bandeau caractéristique; les équations linéaires, toutefois, n'admettent que ∞^n courbes caractéristiques, et il existe des équations, que nous appellerons « pseudo-linéaires », qui possèdent ∞^{2n-k} courbes caractéristiques ($1<k<n$). Par la considération des conditions de rencontre de deux courbes caractéristiques infiniment voisines, d'une part Lie (¹) a construit les équations pseudo-linéaires pour lesquelles $k=n-1$ ou $k=n-2$, et d'autre part M. Engel (²), comme application d'un important Mémoire, a donné le moyen de reconnaître la pseudo-linéarité d'une équation, il n'a pas formulé toutefois les critères dans tous les cas. En me servant des méthodes du calcul symbolique avec les formes différentielles extérieures j'ai repris ces questions et me propose d'indiquer les principaux résultats que j'ai obtenus. Du reste M. Cartan (³), grâce à ces méthodes qui sont les siennes, a repris le Mémoire de M. Engel à un autre point de vue.

1. Si l'équation (1) admet ∞^{2n-k} courbes caractéristiques, ses conoïdes caractéristiques sont à $n-k+1$ dimensions. Deux cas sont à distinguer, suivant que le cône caractéristique est à $n-k+1$ ou à moins de $n-k+1$ dimensions, mais dans les deux cas

a. On peut par des calculs algébriques déduire de l'équation (1) un système de Pfaff S de k équations à $2n-k+1$ variables qui définit les ∞^{n-k} éléments E_{n-k+1} intégraux;

b. Ces éléments « enveloppent » le cône caractéristique, dans un sens qui a besoin d'être précisé;

c. Le système S admet au moins ∞^{n+1} intégrales à $n-k+1$ dimensions, remplissant tout l'espace des $2n-k+1$ variables et dont les « projections » sur l'espace $(x_1, \ldots, x_n, z)$ sont aussi à $n-k+1$ dimensions.

Réciproquement, si les conditions *a*, *b*, *c* sont remplies, l'équation admet ∞^{2n-k} courbes caractéristiques.

On trouve que, *a* et *b* étant remplies, une condition nécessaire pour que *c* le soit est que :

c'. Le système S à $2n-k+1$ variables soit de classe $2n-k$; les variables caractéristiques de S fournissent d'ailleurs immédiatement les caractéristiques de l'équation (1).

(¹) *Berichte über die Verhandl. d. K. s. Gesell. d. Wiss. zu Leipzig*, 50, 1898, p. 113.

(²) Même publication, 57, 1905, p. 217.

(³) *Bull. de la Soc. math. de France*, 39, 1911, p. 29.

En général, c' ne suffit pas pour remplacer c; mais cela se produit lorsque $k = n - 1$, et encore, par exemple, lorsque n étant égal à 4, k est égal à $n - 2 = 2$.

2. On déduit de ce qui précède que, pour les équations aux dérivées partielles des espaces à 4 ou à 5 dimensions, les conditions a, b, c' sont suffisantes.

Pour une équation à 3 variables indépendantes ([1]), un seul cas nous intéresse : il suffit que le système S, qui contient 2 équations à 5 variables, (s'il existe) soit de classe 4 pour que l'équation admette seulement ∞^4 courbes caractéristiques.

Pour une équation à 4 variables indépendantes, nous avons deux cas à envisager, suivant qu'elle admet ∞^5 où ∞^6 courbes caractéristiques. Dans le premier cas, S contient trois équations à 6 variables et doit être de classe 5; dans le deuxième, il contient deux équations à 7 variables et doit être de classe 6.

Dans tous ces exemples, on est ramené à des systèmes bien étudiés ([2]).

3. En se posant le même problème que Lie, on peut énoncer le résultat suivant qui généralise ceux qu'il a obtenus dans les cas où k est égal à $n - 1$ ou $n - 2$:

Considérons un système de k équations de Pfaff de classe $2n - k (1 < k < n)$; désignons par $y_1 \ldots y_{2n-k}$ un système de variables caractéristiques; supposons que les relations :

$$\varphi_l(y_1, y_2, \ldots, y_{2n-k}, a_1, \ldots, a_{n+1}) = 0 \qquad (l = 1, 2, \ldots, n),$$

où les $a_1, \ldots, a_n$ sont des constantes arbitraires en définissent ∞^{n+1} multiplicités intégrales à $n - k$ dimensions qui remplissent tout l'espace $(y, \ldots, y_{2n-k})$ et ne satisfont pas à une équation linéaire aux dérivées partielles; alors les relations :

$$\varphi_l(c_1, c_2, \ldots, c_{2n-k}, x_1, \ldots, x_n, z) = 0 \qquad (l = 1, 2, \ldots, n),$$

définissent ∞^{2n-k} courbes de l'espace $(x_1, \ldots, x_n, z)$ qui sont les ∞^{2n-k} courbes caractéristiques d'une équation pseudo-linéaire, et l'on obtient ainsi toutes les équations pseudo-linéaires de l'espace à $n + 1$ dimensions.

([1]) Cf. Steingräber, *Ueber partielle Differentialgl. erster Ordnung im* R_4 (Dissert. Greifswald, 1906).

([2]) Goursat, *Leçons sur le problème de Pfaff*, Chap. VII, p. 307; *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 10, 1918, p. 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains problèmes isopérimétriques.* Note de M. **André Roussel**, présentée par M. Goursat.

Dans cette Note je me propose de donner un procédé permettant d'établir l'existence de l'extremum absolu pour une classe assez étendue de problèmes isopérimétriques n'ayant pas à ma connaissance fait l'objet d'une étude générale.

1° Soit l'intégrale

$$J_C = \int_C F(y, x', y')\, ds \qquad \left(x' = \frac{dx}{ds}, \qquad y' = \frac{dy}{ds}\right),$$

nous supposons que les courbes rectifiables considérées sont contenues dans la région du plan Oxy comprise entre deux parallèles données à Ox, et qu'elles satisfont en outre à l'inégalité

$$x'(s) \geqq 0, \tag{1}$$

elles sont alors susceptibles d'être représentées par une équation $y = f(x)$, ou se composent d'arcs jouissant de cette propriété séparés par des portions de parallèles à Oy. Nous nous proposons de trouver une condition permettant d'affirmer que J_C atteint son minimum dans l'ensemble U des courbes C ayant une longueur donnée Λ. On peut écrire, d'après l'égalité : $x'^2 + y'^2 = 1$, et la condition (1)

$$J_C = J_\Gamma = \int_\Gamma F(y, \sqrt{1 - y'^2}, y')\, ds,$$

Γ étant la courbe représentée dans un système d'axes $O_1 sy$ par l'équation

$$y = y(s) \qquad (0, \Lambda). \tag{2}$$

A chaque courbe de C de Oxy correspond une courbe Γ de $O_1 sy$, et réciproquement, à toute courbe Γ définie par (2) correspond une courbe C de longueur Λ comme on le voit facilement. Remarquons que les fonctions $y(s)$ sont également continues et bornées dans leur ensemble.

A chaque valeur $\bar{y}$ de y, faisons correspondre la *figurative* dont l'équation dans un nouveau système d'axes $O'y'u$ est

$$u = F(y, \sqrt{1 - y'^2}, y').$$

Supposons qu'elle tourne sa concavité vers les u positifs.

Alors, d'après le théorème de M. Tonelli [1], $\mathfrak{J}_\Gamma$ est semi-continue inférieure sur toute Γ. La suite des Γ_n associées aux C_n de la suite minimisante relative à $\mathfrak{J}_C$ dans U admet un élément limite Γ_0 auquel correspond une courbe C_0 faisant partie de U, qui fournit le minimnm $\mathfrak{J}_C$.

2° Ces résultats s'étendent au cas où F renferme x, si l'on a

$$\frac{\partial F}{\partial x} \leqq 0$$

pourvu que les courbes aient leurs premières extrémités contenues dans un domaine borné et que $x'(s)$ reste supérieur à un nombre positif fixe. (Toute parallèle à Oy rencontre alors chaque C en un seul point au plus et la droite joignant deux points quelconques d'une même courbe fait avec Ox un angle inférieur à un angle α, le même pour toutes.) Ce point s'établit en remarquant que l'intégrale de $\sqrt{1-y'^2}\,ds$ est semi-continue supérieure.

3° Enfin, pour traiter le cas plus général où l'on se propose de trouver l'extremum de $\mathfrak{J}_C$ dans l'ensemble des courbes faisant prendre une même valeur A à l'intégrale

$$\int_C \Phi(x, y, x', y')\,ds \qquad (\Phi > 0);$$

où Φ est homogène de degré 1 par rapport à (x', y'), on posera sur chaque C

$$u = \int_0^s \Phi\,ds;$$

alors s, et par suite, x et y sont des fonctions bien déterminées de u, et les C possèdent une représentation analytique,

$$x = x(u), \quad y = y(u) \qquad (0, A),$$

telle que

$$\left(x, y, \frac{dx}{du}, \frac{dy}{du}\right) = 1; \tag{3}$$

on reprendra les raisonnements précédents, u jouant le rôle de s et (3) celui de l'équation $x'^2 + y'^2 = 1$; on obtiendra ainsi les conditions permettant d'affirmer l'existence de l'extremum de $\mathfrak{J}_C$.

---

[1] Leonida Tonelli, *Fondamenti di calcolo delle variazioni*, 1, Bologne 1924, p. 392.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la propagation d'une onde sonore dans l'atmosphère.* Note de M. **H. Galbrun**, présentée par M. Paul Painlevé.

Il a paru intéressant de préciser et d'étendre les résultats exposés par M. Esclangon dans son ouvrage *L'acoustique des canons et des projectiles*, au sujet de la propagation d'une onde sonore dans une atmosphère où la vitesse du son varie par suite tant des effets du vent que des différences de température.

Tout d'abord, au lieu d'établir les équations différentielles des rayons sonores en s'appuyant sur le principe d'Huyghens, comme le fait M. Esclangon, on peut définir la surface du front d'onde comme siège d'une discontinuité du second ordre dans le mouvement du fluide; l'équation aux dérivées partielles de cette surface résulte alors immédiatement des conditions de compatibilité cinématique établies par M. Hadamard; les caractéristiques de cette équation aux dérivées partielles ne sont autres que les rayons et l'on retrouve ainsi le résultat de M. Esclangon par une méthode qui présente l'avantage de le déduire directement des équations générales du mouvement des fluides.

Quand l'état de l'atmosphère ne dépend que de l'altitude et que la vitesse du vent est horizontale, il est possible de discuter les équations différentielles des rayons sans introduire aucune hypothèse relative à la forme analytique des fonctions représentant cet état et cette vitesse. Pour étudier les propriétés des rayons émis par une source que l'on suppose toujours réduite à un point O, on est amené pour chaque azimut ψ_0 à considérer la fonction

$$\eta = \frac{c(z) + U(z) - U_0}{c_0};$$

$c(z)$, $U(z)$ représentant respectivement la vitesse propre de propagation du son et la composante suivant l'azimut ψ_0 de la vitesse du vent à l'altitude z; c_0, U_0 désignant les valeurs de ces mêmes fonctions à l'altitude de la source. En portant η en ordonnée, z en abscisse, on construit une courbe D représentant la fonction η; la forme du rayon correspondant à l'azimut initial ψ_0 et à l'inclinaison initiale θ_0 dépend essentiellement de l'intersection de cette courbe D et de la droite T_{θ_0}, parallèle à l'axe des abscisses, ayant pour ordonnée à l'origine $\frac{1}{\cos\theta_0}$.

Une première catégorie de rayons comprend ceux qui correspondent aux droites T_{θ_0} ne rencontrant pas la courbe D; suivant que θ_0 est positif ou négatif, ils s'élèvent ou s'abaissent sans cesse dans l'atmosphère. Dans une seconde catégorie se rangent les rayons correspondant aux droites T_{θ_0} telles qu'un point b les parcourant depuis le point b_0 situé sur l'axe des ordonnées, rencontre la courbe D en b_s du côté des abscisses positives et ne rencontre pas la courbe D du côté des abscisses négatives, ou inversement rencontre la courbe D en $b_{s'}$ du côté des abscisses négatives et ne la rencontre pas du côté des abscisses positives. Dans le premier cas le rayon se compose d'une branche ascendante à partir de la source jusqu'à un point S formant sommet, puis d'une branche descendante qui s'abaisse indéfiniment dans l'atmosphère; la partie de cette branche descendante comprise entre le sommet S et le plan horizontal de la source est symétrique de la branche ascendante par rapport à la verticale du point S. Dans le second cas le rayon présente une disposition en quelque sorte symétrique de la précédente par rapport au plan horizontal de la source.

Une troisième catégorie de rayons est formée par ceux qui correspondent aux droites T_{θ_0} telles qu'un point b les parcourant à partir de b_0, rencontre la courbe D en b_s du côté des abscisses positives et en $b_{s'}$ du côté des abscisses négatives. Un tel rayon se compose d'une branche ascendante issue de la source D à laquelle fait suite à partir du point S formant sommet, la branche descendante symétrique de la précédente par rapport à la verticale du point S, jusqu'au point où cette branche rencontre le plan horizontal de la source; à partir de ce point cette branche descendante continue à s'abaisser dans l'atmosphère jusqu'à un point S' formant sommet inférieur, à partir duquel commence l'arc symétrique du précédent par rapport à la verticale de S'; cet arc coupe le plan horizontal de la source en O_1; la portion ultérieure du rayon se déduit de celle ainsi décrite par une succession de translation OO_1. A cette catégorie appartiennent également les rayons qui, commençant par une branche descendante ont une disposition en quelque sorte symétrique de la précédente par rapport au plan horizontal de la source.

Cette même méthode de discussion des équations différentielles des rayons permet d'étudier la surface focale de la congruence formée par l'ensemble de ceux qui sont issus d'une même source sonore.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la théorie des ailes sustentatrices.*
Note de MM. **A. Toussaint** et **E. Carafoli**, présentée par M. Paul Painlevé.

Les théories actuelles, celle de Joukowski pour les ailes d'envergure infinie, et celle de Prandtl pour les ailes d'envergure limitée, semblent être en désaccord avec certains résultats expérimentaux en ce qui concerne : 1° la grandeur de la sustentation unitaire en fonction de l'angle d'incidence; 2° la distribution des pressions dynamiques sur le profil.

Ce désaccord cesse d'exister si l'on tient compte des considérations suivantes.

Nous admettrons avec Prandtl que, dans la section médiane d'une aile d'envergure limitée, s'appliquent les conditions de l'écoulement plan de Joukowski, *mais seulement pour l'angle d'incidence réel diminué de l'angle induit relatif à la section médiane.* Cet angle induit est proportionnel à la vitesse induite, en la section médiane, par les tourbillons détachés le long de l'envergure. On sait que l'intensité de ces tourbillons en un point quelconque est liée à la fonction de distribution de la sustentation le long de l'envergure. Il résulte en outre, que la sustentation unitaire $Cz(0)$, en la section médiane est liée à la sustentation moyenne Cz, de l'aile, par un rapport qui dépend aussi de la fonction de distribution.

Soit, d'après Betz, la fonction de distribution de la circulation le long de l'envergure :

$$\Gamma = \Gamma_0 \sqrt{1 - \left(\frac{2x}{L}\right)^2}\left[1 + a_1\left(\frac{2x}{L}\right)^2 + a_2\left(\frac{2x}{L}\right)^4 + \ldots\right], \tag{1}$$

où Γ_0 est la circulation dans la section médiane, x la distance d'un point à cette même section, L l'envergure, a_1, a_2, etc. des coefficients qui sont fonction de l'allongement λ.

L'intensité du tourbillon détaché en un point x est $\frac{d\Gamma}{dx}$, et la vitesse induite correspondante en un point ξ est

$$v_{(\xi)} = \frac{1}{4\pi}\int_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{L}{2}} \frac{d\Gamma}{dx}\cdot\frac{dx}{\xi - x}. \tag{2}$$

Pour la section médiane ($\xi = 0$), on aura

$$(2') \qquad v_0 = -\frac{1}{4\pi}\int_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{L}{2}} \frac{d\Gamma}{dx}\,\frac{dx}{x}.$$

En nous limitant au terme en $a_1\left(\frac{2x}{L}\right)^2$ on obtient

$$(3) \qquad v_0 = \frac{\Gamma_0}{2L}\left(1 - \frac{a_1}{2}\right) = \frac{\Gamma_0}{2L} f(\lambda).$$

L'angle induit φ_0 en la section médiane sera

$$(4) \qquad \varphi_0 = \frac{v_0}{V},$$

V étant la vitesse à l'infini.

D'après ce qui précède, la circulation Γ_0 est celle du mouvement plan pour l'incidence $(\alpha + \beta - \varphi_0)$, α étant l'incidence rapportée à l'axe du profil, β étant l'incidence de portance nulle. On aura donc

$$(5) \qquad \Gamma_0 = 4\pi\frac{l}{4}(1+\varepsilon)V\sin(\alpha+\beta-\varphi_0),$$

l étant la corde du profil et ε le terme qui tient compte de l'épaisseur de ce profil.

La relation (4) devient

$$(6) \qquad \varphi_0 = \frac{2\pi(1+\varepsilon)(\alpha+\beta)}{4\lambda + 2\pi(1+\varepsilon)f(\lambda)} f(\lambda)$$

en assimilant les angles à leur sinus.

Pour représenter les distributions expérimentales de la sustentation avec une suffisante approximation, on peut prendre

$$a_1 = \frac{\lambda - 1}{2\lambda + 3\pi},$$

ce qui permet de calculer φ_0 ainsi que la circulation moyenne Γ_m :

$$(7) \qquad \Gamma_m = \frac{1}{L}\int_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{L}{2}} \Gamma\,dx = \frac{\pi}{4}\Gamma_0\left(1 + \frac{a_1}{4}\right).$$

On en déduit

$$(7') \qquad \frac{Cz_0}{Cz} = \frac{\Gamma_0}{\Gamma_m} = \frac{4}{\pi}\left(\frac{1}{1+\frac{a_1}{4}}\right).$$

En appliquant ce qui précède, nous avons vérifié que les mesures globales de la sustentation unitaire pour des ailes d'allongement varié depuis $\lambda = 1$ jusqu'à $\lambda = 7$ se réduisent à une sustentation médiane dont la grandeur en fonction de l'incidence est celle de l'aile à envergure infinie.

De même, nous avons comparé les diagrammes des *pressions mesurées* en la section médiane d'une aile d'envergure limitée, avec les *pressions calculées*, par la théorie de l'écoulement plan pour une incidence réduite de φ_0. Nous avons constaté ainsi un accord très satisfaisant entre les diagrammes expérimentaux et les diagrammes théoriques.

SPECTROGRAPHIE. — *Découverte des séries caractéristiques* O *et* N *de basse fréquence. Jonction spectrographique entre les rayons X et l'ultraviolet extrême.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans deux précédentes Notes [1] nous avons décrit une méthode spectrographique applicable aux rayons X de grande longueur d'onde et indiqué les premiers résultats de son application. Il était intéressant de l'appliquer à la recherche des séries caractéristiques O et N de plus basse fréquence encore inconnues, en s'adressant à un élément lourd — tel que le thorium — à numéro atomique élevé et structure électronique interne complète. Des essais, effectués avec des cathodes incandescentes de tungstène thorié et des anodes de thorine, ne donnèrent cependant aucun résultat. Ayant pu utiliser un filament de thorium préparé par M. de Boer [2], nous avons obtenu de bons spectres avec 25 milliampères sous 2800 volts avec une pose de 3 heures, comme le montrent les clichés que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie. Ceux-ci montrent le pur spectre de basse fréquence du thorium consistant en ses radiations caractéristiques N et O. La très forte ligne visible à 45,3 angströms coïncide avec la raie $K\alpha$ du carbone. Elle n'a cependant pas cette origine et appartient bien au thorium. Ceci est prouvé par le fait que les cathodes de tungstène, de tantale, de molybdène et de zirconium, utilisées dans les mêmes conditions, ne donnent pas naissance à la raie $CK\alpha$; que le dépôt de thorium sur l'anode était abondant et bien visible; que des

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1083, et **183**, 1926, p. 193.

(2) A. E. van Arkel et J. H. de Boer, *Zeits. anorg. allg. Chem.*, **148**, 1925, p. 345.

mesures de potentiels critiques, effectuées avec un appareil déjà décrit ([1]) ont montré l'existence de deux fortes discontinuités dans la courbe ionisation-voltage : Th N_3 à 355 volts et Th $N_{1,2}$ à 313 volts — correspondant à l'émission des raies 45,3 et 51,5 Å — sans que le potentiel critique CK soit visible.

Cette forte raie à 45,3 Å, qui apparaît dans les trois premiers ordres, masque par sa diffusion une nouvelle raie à 48,2 Å qui ne s'en sépare qu'en second ordre et qui est la ligne O de plus haute fréquence du thorium. Les raies apparaissant à 71 et à 121 Å appartiennent enfin réellement au premier ordre, puisque aucune raie n'est visible à la moitié ou au tiers de leur longueur d'onde et que les spectres impairs des acides gras sont particulièrement intenses.

Ces raies ont été identifiées par l'application du principe de combinaison en utilisant les données de la spectrographie de haute fréquence. Elles sont réunies dans le tableau suivant, selon la terminologie usuelle, avec les valeurs qui en résultent pour les niveaux de faible énergie du thorium :

Longueur d'onde angströms.	Fréquence $\frac{\nu}{R}$.	Désigna ion.	Intensité.	Combinaison.	Niveaux d'énergie correspondants $\frac{\nu}{R}$.
45,3	21,0	$N\beta$	très forte	$N_3 - O_{1,2}$	$N_3 = 26,2$ (mesuré directement)
»	»	»	»	»	$O_{1,2} = 5,2$
48,2	18,9	$O\delta$	moyenne	$O_6 - P_{1,2}$	$O_6 = 20,4$; $P_{1,2} = 1,5$
51,5	17,7	$N\alpha$	forte	$N_{1,2} - O_{1,2}$	$N_{1,2} = 23,3$ (mesuré directement)
»	»	»	»	»	$O_{1,2} = 5,6$
71,0	12,8	$O\gamma$	faible	$O_4 - P_3$	$O_4 = 14,8$; $P_3 = 2$
121	7,5	$O\beta$	faible	$O_3 - P_{1,2}$	$O_3 = 9,0$; $P_{1,2} = 1,5$

Ces combinaisons vérifient les prévisions théoriques du tableau primitivement donné ([2]), et relatif au système spectral des rayons Röntgen, qui se trouve ainsi presque entièrement confirmé. Seules la raie O_5-P_3, qui serait moitié plus faible que la ligne à 71 Å, et la raie $O\alpha$, dont la longueur d'onde atteindrait 230 Å, manquent. Celle-ci serait la dernière radiation du spectre caractéristique complet du thorium métallique.

La simplicité de ces spectres, dépourvus de lignes d'étincelle et semi-optiques, est remarquable; ils sont en tous points comparables à ceux que

---

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 575.

([2]) Louis de Broglie et A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 684 et 755.

l'on obtient dans le domaine de haute fréquence usuel, par suite de la simplicité des niveaux électroniques périphériques. Ils établissent en même temps et pour la première fois, la liaison entre ceux-ci et les spectres optiques obtenus par Millikan dans l'ultraviolet extrême (limite de l'aluminium : 136 Å).

RADIOGRAPHIE. — *Immersion des métaux dans des milieux homogènes opaques aux rayons X. Amélioration des méthodes radiographiques.* Note de MM. **H. Pilon** et **A. Laborde**, présentée par M. de Broglie.

Lorsqu'on applique les rayons X à l'examen des pièces métalliques de forme compliquée, l'absorption peut différer considérablement d'une région à l'autre de l'objet et les valeurs extrêmes des impressions radiographiques peuvent se placer en dehors des limites qui correspondent à la latitude de l'émulsion.

Il devient alors impossible d'utiliser un temps de pose qui s'adapte à l'étude simultanée des régions plus ou moins épaisses de l'objet.

Dans le cas d'une pièce de forme géométrique simple, d'un cylindre plein par exemple, l'un de nous avait déjà tourné cette difficulté en engainant le cylindre métallique dans une plaque de même métal à faces parallèles.

Nous avons pensé réaliser un procédé susceptible de se plier à des conditions très variées, en immergeant simplement le corps métallique dans une solution saline homogène, dont le coefficient d'absorption vis-à-vis des rayons X utilisés, soit voisin de celui du métal.

Lorsque les deux coefficients d'absorption sont égaux, si la solution saline pénètre dans toutes les cavités ouvertes de l'objet immergé, celui-ci devient théoriquement invisible au point de vue radiographique. Dans ces conditions, une légère modification, dans un sens ou dans l'autre, de la concentration de la solution, laisse apparaître l'objet dans son ensemble, soit en noir sur fond blanc soit en blanc sur fond noir, en même temps que se marquent, d'une région à l'autre, des contrastes plus ou moins accentués.

C'est Benoist qui a déterminé le premier ce qu'il a dénommé les équivalents de transparence des corps simples vis-à-vis des rayons X, ouvrant ainsi la voie à de nombreux travaux dont la précision devient chaque jour plus rigoureuse.

Il s'agit ici d'une application pratique de ces notions bien connues.

Il est possible de calculer approximativement la masse d'un sel métal-

lique que devra contenir 1^{cm^3} de la solution pour que celle-ci possède un coefficient d'absorption donné vis-à-vis d'un rayonnement X de longueur d'onde donnée.

En effet, parmi d'autres auteurs, S. J. M. Allen a mesuré récemment, pour 18 corps simples, leurs coefficients massiques d'absorption correspondant à des rayons X dont les longueurs d'onde sont comprises entre 0,081 angström et 0,710 angström; les nombres ainsi déterminés constituent la base des calculs que l'on peut effectuer. Ceux-ci ne peuvent être, bien entendu, qu'approximatifs puisque, dans la pratique, les opérations radiographiques se font en utilisant un rayonnement composite.

Toutefois, dans le calcul de la concentration saline équiopaque, les coefficients massiques d'absorption du métal et des constituants du milieu, interviennent sous forme de rapport.

Entre certaines limites, si l'absorption ne se produit pas dans une région de discontinuité, ce rapport ne varie pas dans de grandes proportions lorsque la longueur d'onde varie et le calcul n'en est pas exagérément faussé.

Les pièces métalliques soumises à l'examen sont le plus souvent en aluminium, en fer ou en cuivre.

A titre d'exemples, nous notons les solutions suivantes qui constituent des milieux utilisables à la température de 18° C. environ :

Dans le cas de l'aluminium :

Chlorure de baryum (35^g dans 100^{cm^3} de solution).

Dans le cas du fer :

Iodure de baryum (150^g dans 100^{cm^3} de solution);

Chlorate de plomb (au voisinage de la saturation). Cette solution est utilisable, bien qu'elle soit un peu trop transparente.

Dans le cas du cuivre :

La solution d'*iodure de baryum*, contenant 150^g dans 100^{cm^3}, voisine de la solution saturée, est utilisable, bien qu'elle soit un peu trop transparente.

Nous avons été naturellement conduits à rechercher l'emploi de sels de métaux de nombres atomiques élevés; les sels d'uranium solubles, les tungstates solubles n'ont pas pu être utilisés à cause de leurs réactions le plus souvent acides.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les transformations subies par les bronzes d'aluminium.* Note de M. **Jean Bouldoires**, présentée par M. Guillet.

L'étude de ces alliages a déjà fait l'objet de nombreux travaux, notamment de la part de MM. Breuil, Guillet, Carpenter et Edwards; Curry, Broniewski, Portevin et Arnou, Grard, Portevin et Chevenard, Matsuda. J'ai repris ces recherches pour des teneurs en cuivre variant de 80 à 95 pour 100.

Quelques faits remarquables se dégagent de mes travaux. Je les résumerai brièvement en ce qui concerne un alliage à environ 87 pour 100 de cuivre.

a. Analyse thermique (sur galvanomètre double Saladin-Le Chatelier). — Cet alliage (sol. α + sol. γ), coulé en sable, a été recuit à 850° pendant 5 heures et refroidi très lentement en 15 heures, puis il a subi les traitements indiqués dans le tableau suivant, qui montre les points de transformation notés :

Traitements.	Points de transformation au chauffage.	Points de transformation au refroidissement.
Recuit 850° avec refroidissement lent en 15 heures	515° faible 560 important 690 très peu marqué	650° peu marqué 510, 480 faible
Recuit 850° avec refroidissement rapide sous un jet d'air	515 important 560 faible 690 très peu marqué	635 peu marqué 500, 460 faible
Recuit 850° avec refroidissement lent suivi d'un recuit à 530° avec refroidissement lent	.... 560 très important 690 très peu marqué	630 peu marqué 500, 460 faible

Le dernier traitement a donc supprimé la transformation à 515°; la vitesse de refroidissement après recuit joue donc un rôle capital sur l'importance de ces transformations.

D'ailleurs ces transformations sont complexes, comme l'a indiqué dès 1905, M. Léon Guillet [1].

b. Résistivité. — Le même alliage présente une résistivité très variable avec le traitement thermique. Dans le tableau suivant les résistivités ρ sont exprimées en microhms-cm²/cm à 20°C. :

---

[1] *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 464.

Recuit à 850° durant 5 heures,
- suivi d'un refroidissement en 15 heures .... $\rho = 15{,}19$
- suivi d'un refroidissement rapide à l'air 8,83
- suivi d'une trempe à l'air et d'un revenu à 530° 15,41
- suivi d'une trempe à l'air et d'une trempe à l'eau à 530° .. 17,06

Trempé à l'eau après chauffage de 1 heure.	Résistivité après trempe.	Résistivité après chauffage du métal trempé durant 1 heure à						
		200°.	300°.	400°.	500°	600°.	700°.	800°.
500°	16,96	17,16	16,52	16,26	15,63	11,00	19,25	10,10
600	11,47	11,57	11,57	12,02	16,81	11,92	11,47	11,72
700	10,52	10,49	10,54	10,07	15,94	10,84	10,38	10,64
800	10,08	10,08	9,87	9,62	16,21	11,32	9,52	9,52

Ce tableau appelle les remarques suivantes :

1° La vitesse de refroidissement après recuit a une très grande influence sur la résistivité : ces alliages trempent à l'air.

2° Sur les échantillons trempés au-dessus de 560°, on note des maxima de résistivité obtenu par revenus vers 500° arrêtés à l'air ou à l'eau. Les revenus à des températures plus basses ont très peu d'influence sur la résistivité.

c. Micrographie. — Cet alliage à Cu = 87 pour 100 présente les aspects suivants :

Traitements.		Résistivité correspondante en microhms.
Recuit à 850° avec refroidissement lent	Sol : γ sur fond d'eutectoïde ..	15,19
Recuit à 850° avec refroidissement suivi d'une trempe à l'eau à 530°.	Structure analogue à la précédente	13,32
Recuit à 850° avec refroidissement rapide	Commencement de structure aciculaire	8,83
Recuit à 850° avec refroidissement rapide suivi d'une trempe à l'eau à 530°	Structure entièrement aciculaire (martensite) et plus grossière	17,06
Trempe à l'eau à 600° suivie d'un revenu à 500°	Sol : γ sur fond de structure aciculaire	16,81

Les structures aciculaires correspondent au maximum de résistivité; elles résultent d'une trempe à l'air après chauffage au-dessus de 560° ou d'une trempe au-dessus de 560° suivie d'un revenu vers 500°.

Ces recherches ont donc permis de constater l'existence d'un maximum de résistivité qui ne paraît pas avoir été signalé jusqu'ici et de modifications subies par ces alliages aux environs de 500°, au-dessous de la température eutectique.

MÉTALLURGIE. — *De la perméabilité magnétique des aciers étirés à froid.* Note de M. **Georges Delbart**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans une Note précédente (¹) nous avons étudié la fragilité des aciers étirés à froid ayant subi des étirages à froid et des recuits successifs à 700°. L'un deux ayant la composition suivante :

$$C = 0,300, \quad Si = 0,084, \quad S = 0,024; \quad P = 0,027, \quad Mn = 0,85,$$

qui avait subi des écrouissage de 8, 8, 9, 9, et 16 pour 100, a été étudié au point de vue de sa perméabilité magnétique au moyen du perméamètre d'Iliovici, sur des tiges de 1^{cm^2} de section et de 20^{cm} de long.

Les essais ont été effectués sur des éprouvettes écrouies (10 mois après leur étirage) et sur des éprouvettes recuites à 700°, 850°, 950°. Les éprouvettes écrouies et recuites 700°, vues au microscope Le Chatelier, présentaient une perlite globulaire, celles recuites à 850° et 980° une perlite sorbitique; toutefois le recuit à 850° n'avait pas complètement détruit les globules.

Voici les résultats obtenus :

Champ en gauss.	Induction.			
	Recuit à 15°.	Recuit à 700°.	Recuit à 850°.	Recuit à 980°.
3	325	837	575	550
7,5	2387	8250	5662	4750
12	5050	11550	9500	8700
21,75	9750	14800	13150	12500
30	12200	15600	14600	14000
40	14200	16450	15600	15000
50	15450	16850	16200	16000
80	17350	17600	17400	17100
100	18200	18250	18000	17700
150	19100	19000	19000	18900
200	19700	19450	19700	19500

Déjà Ewing et Gœrens avaient constaté que l'écrouissage diminuait la perméabilité des aciers; on peut remarquer ici que la coalescence de la perlite joue un rôle au contraire favorable et qu'elle augmente la perméabilité magnétique, en particulier au voisinage du maximum de perméabilité, c'est-à-dire pour les champs compris entre 7 et 20 gauss.

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 131.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les alcools aliphatiques saturés de l'huile de Cachalot et du blanc de baleine*. Note de M. **Émile André** et Mlle **Th. François**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons précédemment établi ([1]) que les graisses, extraites des diverses parties du Cachalot (tête, lard, chair musculaire), sont constituées par des mélanges en proportions variables de glycérides et d'éthers-sels d'alcools de poids moléculaire élevé. Comme suite à nos premières recherches, nous avons poursuivi l'étude particulière de ces alcools.

Chevreul ([2]) le premier retira par saponification du blanc de baleine un composé neutre qu'il appela éthal et dont la nature alcoolique fut définitivement établie par Dumas et Péligot ([3]). En 1854 Heintz ([4]) reconnut que l'éthal n'est pas une espèce chimique pure; en le chauffant à haute température (270-275°) avec un excès de chaux potassée, il obtint un mélange d'acides gras dont il retira les acides laurique, myristique, palmitique et stéarique. Il conclut que chacun d'eux provenait de l'oxydation de l'alcool correspondant et que, par suite, le blanc de baleine contient quatre alcools homologues qu'il appela : léthal, méthal, éthal et stéthal. Cette interprétation ne fut généralement pas acceptée, les acides laurique et myristique pouvant, disait-on, provenir de la décomposition pyrogénée de molécules de condensation plus élevée ([5]). Lorsque Krafft reprit en 1884 l'étude du blanc de baleine ([6]) il vérifia seulement la présence des alcools hexadécylique et octodécylique, mais ne s'attacha pas à rechercher leurs homologues inférieurs.

Nous avons pensé que si ces derniers existent réellement dans les graisses du Cachalot il convient de les rechercher de préférence dans la partie liquide (huile de spermaceti) où ils doivent rester en solution, étant donné le point de fusion relativement bas de leurs éthers. Nous avons préparé une certaine quantité d'alcools de l'huile de tête de Cachalot que nous avons éthérifiés par l'anhydride acétique. Les acétates distillés sous basse pres-

---

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 497.

([2]) *Recherches chimiques sur les corps gras*, 1823, p. 161.

([3]) *Comptes rendus*, **2**, 1836, p. 403 à 408.

([4]) *Journ. f. prakt. Chem.*, **63**, 1854, p. 364.

([5]) *Journ. Pharm. et Chim.*, 3e série, **27**, 1855, p. 237.

([6]) *Berichte d. d. ch. G.*, **17**, 1884, p. 1627.

sion ont été divisés en fractions bouillant de 5 en 5°, les alcools de chacune d'elles ont été régénérés par saponification, dissous dans l'acétone et leur solution a été énergiquement refroidie. Les cristaux qui se sont séparés furent essorés et recristallisés plusieurs fois dans l'alcool fort. Par ce procédé nous avons extrait de la fraction de tête une petite quantité d'alcool tétradécylique fondant à 38°, les autres fractions ont fourni de l'alcool hexadécylique en abondance et une petite quantité d'alcool octodécylique (fractions de queue). L'alcool octodécylique soigneusement purifié fondait à 61°, c'est-à-dire 2° plus haut que la température indiquée par la plupart des auteurs.

Malgré de patientes recherches, nous n'avons pas réussi à retirer d'alcool dodécylique des produits de tête; nous ne nous croyons pas cependant autorisés à conclure qu'il n'en existe pas dans l'huile de Cachalot; il fond à 24° et peut-être le retrouverons-nous mélangé aux alcools non saturés liquides dont nous poursuivons actuellement l'étude.

Par une méthode analogue nous avons recherché l'alcool tétradécylique dans le blanc de baleine; nous avons reconnu qu'il y existe, en faible quantité d'ailleurs. Cette fois encore nous n'avons pas réussi à déceler la présence de l'alcool dodécylique.

A notre connaissance, l'alcool tétradécylique n'avait encore jamais été rencontré dans la nature, il restait jusqu'ici un produit de laboratoire préparé par réduction de l'acide myristique, soit en passant par l'intermédiaire de l'aldéhyde correspondant (Krafft) [1], soit, mieux encore, en réduisant directement le myristate d'éthyle par le sodium et l'alcool absolu (Bouveault et Blanc) [2].

Pour identifier d'une manière certaine l'alcool myristique naturel, nous avons préparé une petite quantité de l'alcool de réduction de l'acide myristique. Cet alcool purifié par plusieurs recristallisations fondait à la même température que celui de l'huile de Cachalot (38°); nous les avons en outre transformés tous deux en phényluréthanes et nous avons reconnu que le mélange des deux produits obtenus fondait à la même température (70°) que chacun d'eux pris isolément.

Ce point de fusion de 70° nous a beaucoup surpris parce qu'il est inférieur à celui de la phényluréthane de l'alcool dodécylique. Nous avions en effet préparé une petite quantité de ce dernier alcool par réduction du

---

(1) *Berichte d. d. Ch. G.*, **16**, 1883, p. 1725.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **31**, 1904, p. 666 et 672.

laurate d'éthyle, il devait nous servir à identifier éventuellement celui que nous pourrions extraire de l'huile de spermaceti. Nous l'avons transformé, lui aussi, en sa phényluréthane et nous avons reconnu qu'elle fond à 78°. Nous avons alors préparé le même dérivé des alcools hexadécylique et octodécylique pour dresser la courbe des points de fusion de cette série de composés homologues qui ne l'avait pas été jusqu'ici. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Points de fusion des phényluréthanes des alcools

dodécylique.	tétradécylique.	hexadécylique.	octodécylique.
78°	70°	73° (1)	79°5

Points de fusion comparés des alcools

24°	38°	49°	61°

L'anomalie ne réside pas dans le point de fusion élevé de la phényluréthane dodécylique qui est normal (la phényluréthane de l'alcool octylique primaire à chaîne droite est de 69°), mais dans la brusque chute observée à partir de la phényluréthane tétradécylique avec relèvement très lent pour les homologues supérieurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du magnésium sur l'iodure de méthylène.* Note (2) de M. **Guy Emschwiller**, présentée par M. Charles Moureu.

Les recherches sur la photolyse des iodures organiques entreprises en collaboration avec M. André Job (3) me conduisent à étudier l'attitude des radicaux libres. Pour l'observer dans des circonstances différentes de la photolyse sur des cas simples et variés, rien n'est plus commode que de recourir aux combinaisons organo-métalliques mixtes; c'est ainsi que j'ai été amené à étudier les actions du magnésium et du couple zinc-cuivre sur l'iodure de méthylène et sur l'iodoforme.

Le magnésium attaque l'iodure de méthylène en solution éthérée; la réaction s'amorce facilement après un léger chauffage et se poursuit d'elle-même avec un dégagement de chaleur suffisant pour maintenir l'ébullition

(1) Ce chiffre est conforme à celui donné antérieurement par A. Bloch (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, **31**, 1904, p. 52).

(2) Séance du 11 octobre 1926.

(3) André Job et Guy Emschwiller, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 52.

de l'éther; elle s'accompagne d'un dégagement d'éthylène. Dans le système deux couches liquides apparaissent, que j'ai étudiées après séparation du magnésium. La couche inférieure tend à abandonner des cristaux blancs, solubles dans le benzène ([1]); elle réagit très vivement sur l'eau, à la manière des combinaisons organo-magnésiennes; de la magnésie précipite abondamment, en même temps qu'un gaz se dégage que j'ai reconnu pour du méthane. Ces faits révèlent la formation probable de l'organo-dimagnésien $CH^2(MgI)^2$:

$$CH^2I^2 + 2Mg \rightarrow CH^2(MgI)^2,$$
$$CH^2(MgI)^2 + 2H^2O \rightarrow CH^4 + Mg(OH)^2 + MgI^2;$$

elle paraît bien démontrée, comme on va le voir, par la détermination du bilan de la réaction.

J'ai fait réagir, en présence d'éther anhydre, dans un système bien purgé de gaz, $1^g,004$ de magnésium sur $1^g,843$ d'iodure de méthylène rectifié sous faible pression. La réaction une fois déclenchée, je me suis borné à la modérer quand elle tendait à s'accélérer. Il s'est dégagé $17^{cm^3},8$ d'éthylène. A la reprise par l'eau il s'est produit 33^{cm^3} de méthane et une quantité de magnésie que j'ai neutralisée par $30^{cm^3},4$ d'une solution décinormale d'acide sulfurique. Il est resté $0^g,889$ de magnésium inattaqué; il en a donc réagi $0^g,115$. En retranchant $0^g,039$ de magnésium, qui correspond à l'éthylène suivant la réaction

$$CH^2I^2 + Mg \rightarrow \frac{1}{2}C^2H^4 + MgI^2,$$

il reste que $0^g,076$ de magnésium a concouru à la formation de la combinaison organo-magnésienne, soit $3,13 \times 10^{-3}$ atome-gramme. En calculant les quantités de magnésie et de méthane correspondantes, qui auraient dû se former à la reprise par l'eau dans l'hypothèse du dimagnésien, et en comparant avec les quantités observées, je trouve :

	Calculé (en molécule-gramme).	Observé (en molécule-gramme).
Magnésie...........	$1,56 \times 10^{-3}$	$1,52 \times 10^{-3}$
Méthane...........	$1,56 \times 10^{-3}$	$1,47 \times 10^{-3}$

J'ai constaté de même l'action analogue du magnésium sur le bromure de méthylène; il se fait un composé organo-magnésien, qui est décomposé par l'eau en libérant du méthane et par l'iode, à raison de deux molécules d'iode par molécule, en donnant de l'iodure de méthylène; ces

([1]) Ils sont sans doute constitués par un éthérate d'iodure de magnésium.

propriétés établissent la formule de constitution $CH^2(MgBr)^2$:

$$CH^2(MgBr)^2 + 2H^2O \rightarrow CH^4 + Mg(OH)^2 + MgBr^2,$$
$$CH^2(MgBr)^2 + 2I^2 \rightarrow CH^2I^2 + MgBr^2 + MgI^2.$$

C'est la première fois qu'on observe des composés organo-magnésiens du groupement méthylène ([1]); c'est aussi la première fois que deux groupements fonctionnels magnésiens se trouvent fixés à un même atome de carbone ([2]). C'est pourquoi j'ai tenu à signaler dès maintenant l'existence de ces organo-dimagnésiens ; j'en étudie actuellement les propriétés.

Ces résultats autorisent à penser qu'il doit être possible de préparer d'autres composés organo-dimagnésiens mixtes à partir des dérivés dihalogénés homologues supérieurs des halogénures de méthylène, et peut-être bien à partir de tous les dérivés dihalogénés, que les deux atomes d'halogène soient en 1-1, en 1-2 ou au delà.

J'indique aussi dès à présent d'une part la réaction du couple zinc-cuivre sur l'iodure de méthylène avec production d'une combinaison organozincique, d'autre part l'attaque vive de l'iodoforme par le magnésium en présence d'éther anhydre.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'extension du Wealdien dans le nord de la France.* Note de M. **Alfred Carpentier**, présentée par M. Costantin.

Nous avons eu déjà l'occasion de signaler ([3]) la découverte et de préciser les caractéristiques de la flore éocrétacique de Féron-Glageon (Nord). Les gisements que nous avons étudiés depuis lors se répartissent dans la région de Fourmies (Nord) et aux environs d'Hirson (Aisne) et sont indiqués sous la rubrique C^{IV} sur la feuille de Rocroi de la Carte géologique.

Région de Fourmies. — A Féron des lits d'argile, reposant immédiatement

---

([1]) Sakuray (1880) puis V. Thomas (1901) ont préparé les mono et dimercuriques $CH^2I(HgI)$, $CH^2(HgI)^2$; Faillebin (1922) a préparé les aluminiques CH^2AlI et CH^2AlBr.

([2]) André Job et René Reich (1923) ont réussi à fixer deux fonctions magnésiennes à un même atome d'arsenic; on connait aussi des amino-magnésiens de Meunier du type $RN(MgX)^2$.

([3]) Voir *Comptes rendus,* **172**, 1921, p. 1428; **173**, 1921, p. 327; **174**, 1922, p. 1121.

sur du calcaire frasnien, nous ont fourni en août dernier des fragments de pennes du *Weichselia reticulata* Stokes et Webb sp., espèce qui paraît toutefois plus rare ici qu'à Bernissart (Belgique). Dans une poche d'argile de la même localité, à la surface même du terrain wealdien, nous avons recueilli récemment une « fausse-tige » silicifiée de fougère du genre *Tempskya* Corda; une première coupe partielle prélevée sur cet échantillon montre de nombreuses racines bipolaires, à endoderme subérifié et dont l'écorce est par place sclérifiée; ces racines paraissent identiques à celles du *T. Knowltoni* Seward, provenant de la *Formation de Kootanie* (Infracrétacé, Montana, U. S.) [1].

A Wignehies (Nord), près du calvaire, des couches argilo-sableuses glauconifères (épaisseur $2^{m},25$) reposent horizontalement, par l'intermédiaire d'un lit de galets quartzeux et gréseux, sur les sables wealdiens à stratification entre-croisée; nous venons de trouver dans les lits d'argile mêlés à ces sables des empreintes de rameaux et de feuilles de Conifères : *Pinites, Solmsi* Sew., *Sphenolepidium kurrianum* (Dunker) Seward. Vers la base des argiles et sables glauconieux se trouve la couche à *Turritella vibrayana* signalée par J. Gosselet dès 1881 et rapportée à l'*Albien* [2].

Les mêmes formations glauconifères sont aussi visibles à l'ouest de Wignehies, à Rocquigny (Aisne) et remplissent une poche à la surface de bancs calcaires d'âge givétien. A la base de ces lits argilo-sableux, gréseux, glauconifères, nous avons recueilli le *Parahoplites Milletianus* d'Orb. sp. qui caractérise un horizon de l'*Albien inférieur* anglais ou de l'*Aptien supérieur* (en France). Dans les éboulis sableux nous avons trouvé le *Pecten asper* (*Cénomanien*) et diverses Ammonites : *Douvilleiceras mamillare* Schloth. sp., *Hoplites dentatus* Sow. sp. (*Gault inférieur*). Rappelons que, dès 1875, M. Ch. Barrois soulignait la présence à Fourmies de fossiles appartenant à la zone à *P. Milletianus* [3]. Des témoins de l'extension de cette zone recouvrent à Rocquigny les sables quartzeux wealdiens.

Région d'Hirson. — A 1 ^{m} au sud-est de la gare d'Hirson, lieudit La Reinette, on exploite sous le limon des sables quartzeux reposant sur des grès ferrugineux à débris végétaux (tiges de Conifères). Le faciès est identique à celui que revêt le complexe wealdien de Féron-Glageon; de

---

(1) A. C. SEWARD, *On a new species of Tempskya* (*Annals of Botany*, 38, 1924, p. 485-507; pl. XVI et XVII).

(2) J. GOSSELET, *Esquisse géologique du nord de la France*, 2, p. 231.

(3) CH. BARROIS, *Ann. Soc. géol. du Nord*, 2, 1875, p. 134.

plus, dans quelques lits argileux subordonnés aux sables, nous avons trouvé des empreintes végétales : *Sphenolepidium kurrianum* Dunker sp., *Cladophlebis* sp.

On ne voit pas ici le contact des formations wealdiennes et des calcaires d'âge médiojurassique qui les supportent. Notons que la présence d'un horizon à *Ostrea acuminata*, constatée dans plusieurs carrières à 1^{km} et $1^{km},500$ au sud-est du point étudié, paraît indiquer la base du *Bathonien*.

Nous avons remarqué les mêmes grès quartzeux, ferrugineux, à débris végétaux, dans les champs entre La Reinette et Bucilly, à Montorieux et au lieudit La Folie, sur le territoire d'Any. Nous sommes amenés à rapporter au Wealdien les sables très graveleux des deux dernières localités; dans le gisement d'Any le complexe wealdien nous paraît recouvert par un gravier quaternaire.

Somme toute, nous signalons à Wignehies et aux environs d'Hirson des empreintes végétales, spécialement le *Sph. kurrianum*, très commun dans les argiles wealdiennes de Féron-Glageon. Les gisements notés C^{IV} sur la feuille de Rocroi appartiennent à l'Éocrétacé. Par places, immédiatement au-dessus du Wealdien, on observe à Wignehies (Nord) et à Rocquigny (Aisne) des témoins de l'extension de la mer de l'*Albien inférieur* et de l'*Albien moyen* (*Gault inférieur*) d'Angleterre [1].

BOTANIQUE. — *Observations sur l'amylogénèse dans les cotylédons du Pois.* Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

Le Pois cultivé (*Pisum sativum*) présente deux variétés bien connues : la variété à grain rond et la variété à grain ridé. Cette dernière diffère essentiellement de la première par l'affaiblissement de la puissance amylogène du cotylédon qui se traduit par une formation d'amidon nettement moindre. Il m'a paru intéressant d'étudier comparativement en détail la marche de l'amylogénèse dans les cotylédons de ces deux variétés au cours de leur développement.

a. Pois à grain rond. — Les cotylédons très jeunes de la variété à grain rond renferment dans leurs cellules des chloroplastes arrondis ou ovalaires renfermant un grain d'amidon en fuseau, rarement deux, puis, à mesure que la graine se développe, ces grains s'accroissent à l'intérieur de leurs

(1) Cf. L. F. Spath, *Ammonoidea of the Gault* (*Palaeont. Soc.*, 1, 1921, p. 4).

plastes; la plupart conservent leur forme en fuseau, mais un certain nombre prennent une forme arrondie ou ovalaire avec un contour irrégulier présentant des bosses et des dépressions. A un stade plus avancé les grains toujours inclus intérieurement dans des plastes de même contour mais dont l'écorce est de plus en plus mince ont encore grossi, ceux qui étaient restés en fuseau tendent à perdre cette forme en devenant plus ventrus et en arrondissant leurs extrémités; de plus tous présentent un contour irrégulier avec bosses et dépressions.

Enfin, pendant la dernière période tous les grains continuant à grossir prennent une forme ovalaire en même temps que leur contour se régularise et qu'apparaissent les plastes tardifs que j'ai signalé antérieurement. Ces plastes sont peu nombreux, arrondis, beaucoup plus petits que les plastes amylifères primitifs, et presque tous uniloculaires, très rarement pluriloculaires.

b. Pois à grain ridé. — Dans le pois à grain ridé, les cotylédons très jeunes renferment comme chez le poids à grain rond des chloroplastes de forme générale arrondie ou ovalaire mais ceux-ci renferment des grains généralement arrondis; de plus, le nombre de plastes à deux ou plusieurs grains est assez élevé et peut même l'être parfois davantage que celui des plastes à un seul grain. Tous ces grains d'amidon s'accroissent, à l'intérieur de leurs plastes respectifs, en gardant une forme régulière arrondie ou ovalaire, et la présence de quelques grains très petits dans certains plastes fait penser que pendant cette période il y a encore apparition de quelques chloroplastes plus tardifs. A un stade plus avancé, tous les grains ont beaucoup grossi en gardant leur forme régulière arrondie, et le très petit nombre des plastes pluriloculaires existant donne à supposer qu'un certain nombre de loges des plastes composés se sont séparées pour se développer isolément. La dernière période est caractérisée par l'apparition des plastes tardifs unis ou pluriloculaires à condensation complète. Parfois les plastes uniloculaires sont en nombre considérable et s'agglomèrent entre eux en masses pluriloculaires d'aspect tout à fait informe. Il arrive assez souvent en même temps que les gros plastes primitifs bourgeonnent autour d'eux dans toutes les directions de nouvelles loges plus petites dont certaines peuvent bourgeonner à leur tour en formant un petit cordon de 2 à 4 grains en chaîne.

En même temps ou à un stade antérieur, on voit apparaître dans les cellules de petits plastes amylifères très nombreux qui demeurent au stade amylodextriné et restent agglomérés entre eux en une ou plusieurs masses.

Cette formation amylodextrinée disparaît d'ailleurs par digestion pendant la phase d'hydrolyse qui accompagne la maturation et la dessiccation de la graine. Il est à remarquer qu'elle ne se manifeste généralement pas dans les cotylédons où la formation d'amidon est bien développée dans les plastes primitifs et où ceux-ci sont nombreux et volumineux. Il en est de même d'ailleurs du bourgeonnement des gros plastes primitifs et de la formation de plastes tardifs en grand nombre souvent agglomérés en masses.

En résumé, les phénomènes de l'amylogénèse se différencient chez le pois à grain ridé :

1° Par la forme arrondie dès l'origine des grains d'amidon et par le caractère pluriloculaire assez accusé des plastes à tous les stades;

2° Par l'apparition en raison de l'affaiblissement amylogène des plastes primitifs de nombreux plastes amylifères qui demeurent au stade amylodextriné et disparaissent pendant l'hydrolyse;

3° Par l'apparition de plastes tardifs parfois très nombreux et agglomérés en masses plus ou moins volumineuses et par la réaction bourgeonnante pluriloculaire que présentent fréquemment les plastes primitifs dans les cellules où l'évolution amylogène s'arrête prématurément.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la signification de l'Électrocardiogramme* (ECG). Note [1] de M. F. **Henrijean**, présentée par M. d'Arsonval.

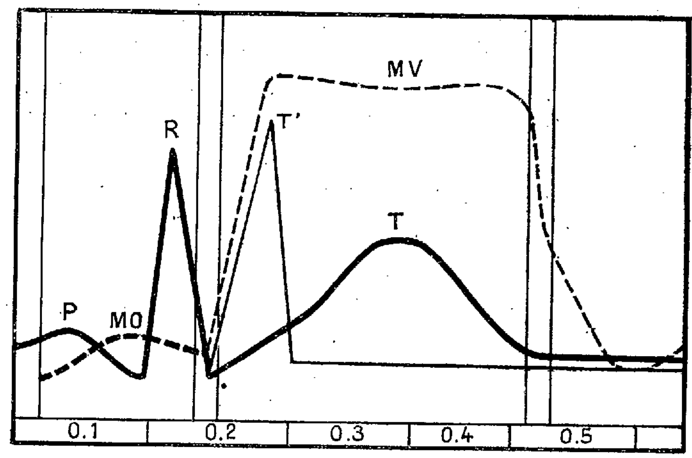
Dans des Notes précédentes [2] nous avons montré que l'ECG avait une double origine : 1° les phénomènes électriques qui se produisent dans l'appareil de commande du cœur (nœuds de Keith et Flack, nœuds de Tawara; fibres de Purkinje); 2° les variations négatives dues à la contraction musculaire. L'ECG est la somme algébrique de ces deux valeurs. Cette manière de comprendre l'ECG, basée cependant sur des recherches expérimentales, a soulevé des objections auxquelles nous voulons répondre par l'expérience. La première objection a été que le cœur qui fournit encore un ECG n'est pas complètement arrêté, il est encore le siège de contractions peu visibles. On peut répondre *a priori* que, si l'ECG était d'origine exclusivement musculaire, il serait difficile de comprendre, d'une part, que les ondes P et R conservent les grandeurs de l'ECG normal et que, d'autre part, T soit plus grand dans le cœur qui bat moins activement.

---

(1) Séance du 4 octobre 1926.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1703; **181**, 1925, p. 619.

La figure montre les ECG du cœur normal et du cœur arrêté où se contractent de façon invisible (PRT — PRT′) et la courbe myographique de l'oreillette (MO) et du ventricule (MV) dans ses rapports avec l'élec-



PRT Électrocardiogramme normal.
PRT′ Électrocardiogramme du cœur ne présentant plus de pulsations apparentes.
MO Myogramme de l'oreillette.
MV Myogramme du ventricule.
0.1, 0.2, ... Temps en $\frac{1}{10}$ de seconde.

trocardiogramme. Si les ondes P et R, ondes précontractionnelles, étaient des variations négatives [qui, pour certains auteurs, non pour tous (d'Arsonval), sont aussi précontractionnelles], il faudrait encore expliquer pourquoi elles ne diminuent pas comme ces contractions (ce que nous constatons sur la plupart de nos ECG de cœur arrêté). Ensuite, pourquoi T augmente-t-il? On pourrait admettre pour T une origine différente de P et R, mais toutes les hypothèses dans ce sens sont démontrées erronées. Nos expériences sur le cœur ne donnant plus d'ECG (ligne isoélectrique horizontale) et la production d'abord d'ECG de cœur arrêté (avec T très grand), puis d'ECG complet (T affaissé) ensuite, confirme l'exactitude de notre manière de concevoir les phénomènes (également l'action du massage, de la vératrine, de la caféine).

Dans une série d'expériences, nous avons étudié à nouveau les conditions de modification des ECG. Il y a, essentiellement, deux espèces d'ECG. Les sinusaux dont les ondes se suivent dans l'ordre PRT et les nodaux RPT. Les premiers sont normaux, les seconds s'obtiennent : par l'excitation des X, par l'action de certaines substances comme la morphine et par certains

ions, le K notamment. Lorsque les ECG nodaux existent on les fait devenir sinusaux : par la section des X, par l'excitation des N accélérateurs, par le calcium et, dans certains cas, par la respiration. Toutes ces actions se rattachent, en dernière analyse, à celle des ions K et Ca ou ce qui pour certains auteurs serait identique à H ou à OH.

A côté d'ECG nodaux dus à l'action des vagues, nous avons vu des ECG alternativement nodaux et sinusaux exister chez l'animal normal et disparaître pour donner exclusivement des sinusaux après section des X (1). L'action des X sur les ECG est empêchée par $CaCl^2$. Les ECG se modifient donc sous l'action de causes ioniques. Zondeck s'est demandé si les ions K et Ca ne pourraient pas produire le renversement de charge dans un élément musculaire. On sait que K produit l'hydratation, Ca la synérèse des gels. Les changements de charge peuvent être la conséquence des changements d'hydratation et de tension superficielle. Les faits rapportés par certains auteurs de la composition ionique et hydrique, différente des oreillettes et des ventricules, expliquent avec la distribution spéciale des filets nerveux dans le cœur, l'action différente des nerfs cardiaques sur les oreillettes et sur les ventricules.

Enfin, de l'ensemble de nos recherches il résulte que les ondes R et P sont moins liées qu'on ne le pense d'habitude, l'action de P sur R est liée à l'état du nœud de Tawara, à sa réceptivité, plus qu'à l'action propre de P; R, au contraire, a une action beaucoup plus constante sur P, on observe, en effet, souvent des ondes P isolées; au contraire, les ECG nodaux sans onde P sont exceptionnels.

Des recherches sur le cœur embryonnaire de poulet m'ont montré que l'adrénaline agissait sur celui-ci, à un stade où il n'était pas encore musculaire.

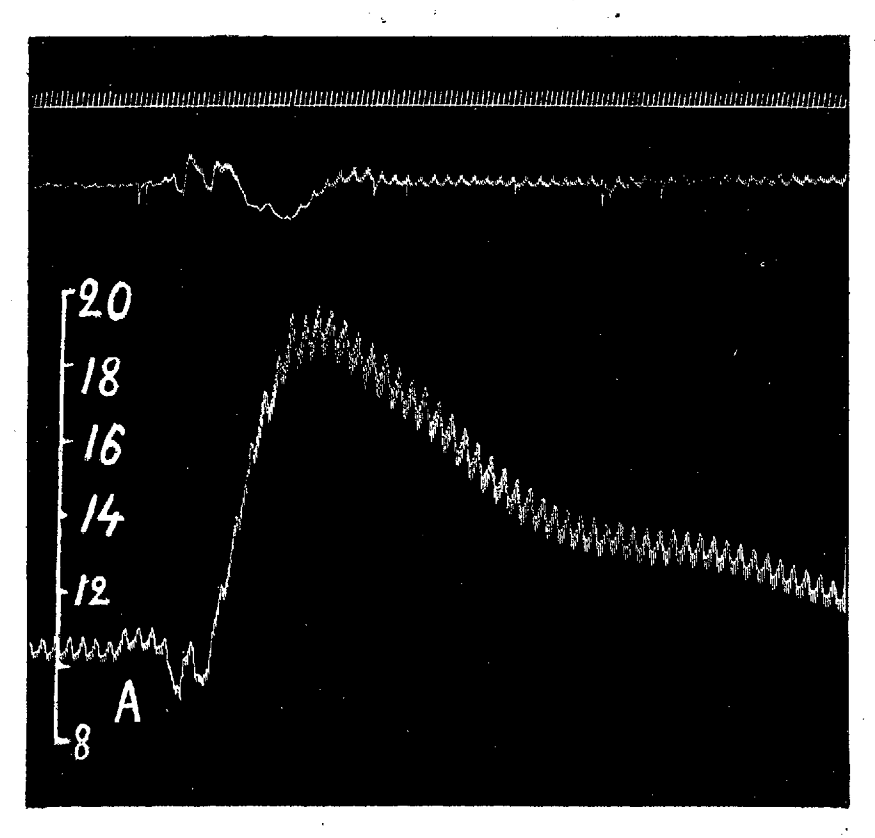
PHARMACODYNAMIE. — *Action circulatoire de la pseudo-pelletiérine.* Note (2) de MM. **René Hazard** et **Raymond-Hamet**, présentée par M. A. Desgrez.

Si les faibles doses de pseudo-pelletiérine n'ont pas d'action sur la circulation, il n'en est pas de même avec les doses atteignant ou dépassant 10^{mg}

(1) L'action des X sur l'ECG présente, suivant l'intensité de l'excitation, toutes les variétés, soit : ECG sinusaux plus rares, simple ralentissement; ECG exclusivement nodaux; ECG alternativement sinusaux et nodaux.

(2) Séance du 4 octobre 1926.

par kilogramme d'animal. Si l'on injecte dans la saphène d'un chien chloralosané — ayant ses vagues ou intacts ou sectionnés et, dans ce cas, soumis à la respiration artificielle — une dose de 20^{mg} par kilogramme d'animal, et qu'on enregistre les modifications de la pression carotidienne au moyen



Chien de 7^{kg}, chloralosané, ayant ses vagues coupés et soumis à la respiration artificielle. Temps en secondes. Tracé supérieur : modifications pléthysmographiques du rein enregistrées par l'oncographe de Roy. Tracé inférieur : graphique de la pression carotidienne obtenu par le manomètre à mercure. En A injection de 140 milligrammes de sulfate de pseudopelletiérine cristallisé de Tanret, en solution à 1 pour 100 dans le sérum physiologique. Graphique de grandeur naturelle.

du manomètre à mercure, on constate qu'après une chute plus ou moins accentuée mais toujours suivie d'un rapide retour à la normale, chute qui peut se répéter une ou plusieurs fois, la pression monte brusquement de 8^{cm} à 10^{cm} de mercure, puis redescend rapidement à son niveau antérieur. Comme cela a lieu avec l'adrénaline, la hausse de pression est beaucoup plus brusque et plus rapide que le retour à la normale.

Il convient de noter que, comme l'un de nous l'a déjà signalé pour cer-

tains effets de la pseudo-pelletiérine ([1]), l'action circulatoire de cet alcaloïde varie beaucoup suivant les individus d'une même espèce animale placés dans d'identiques conditions expérimentales. Il convient aussi de signaler que l'effet de la pseudo-pelletiérine, maximal à la première injection, est souvent affaibli, parfois même annulé lors des injections subséquentes, surtout lorsque celles-ci sont pratiquées à intervalles rapprochés.

Si, par la méthode du cœur *in situ*, on enregistre les modifications cardiaques provoquées par la pseudo-pelletiérine, on constate, après une forte mais passagère diminution de l'activité cardiaque, diminution qui peut se répéter une ou plusieurs fois, une légère augmentation de l'amplitude des contractions ventriculaires. On peut voir, dans l'action initialement dépressive de la pseudo-pelletiérine sur le cœur, la cause des chutes de pression qui précèdent la hausse de celle-ci.

Si l'on enregistre, au moyen de l'oncographe de Roy, les modifications pléthysmographiques du rein, on constate qu'après quelques oscillations qui correspondent aux chutes de pression constituant l'action initiale de la pseudo-pelletiérine, le rein subit une vaso-constriction très nette et suivie, comme avec l'adrénaline, d'une légère augmentation du volume rénal.

Chez l'animal soumis à l'action de la yohimbine vraie (2^{mg} de chlorhydrate de yohimbine pur de Güstrow par kilogramme d'animal), la première injection de pseudo-pelletiérine n'est pas hypertensive, mais hypotensive. On peut rapprocher ce fait de ce qui a été observé par l'un de nous avec la lobéliine, la cytisine et la nicotine ([2]).

Faut-il alors admettre que la pseudo-pelletiérine, en plus de son action propre, peut, comme ces trois alcaloïdes, provoquer une décharge d'adrénaline, c'est ce que nos recherches ultérieures tenteront de fixer.

EMBRYOGÉNIE. — *Influence comparée du* pH *et de la concentration saline sur la durée de survie des spermatozoïdes de la Grenouille rousse* (Rana fusca). Note ([3]) de M. **H. Barthélemy**, transmise par M. Henneguy.

A concentration spermatique égale, les spermatozoïdes de la Grenouille rousse conservent leur vitalité beaucoup moins longtemps dans l'eau dis-

---

([1]) René Hazard, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, **94**, 1926, p. 382, et **95**, 1926, p. 184.

([2]) Raymond-Hamet, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, **93**, 1925, p. 1274-1276.

([3]) Séance du 27 septembre 1926.

tillée que dans l'eau ordinaire ou que dans les solutions aqueuses renfermant jusqu'à 2,5 pour 1000 de NaCl. L'eau distillée ayant un pH moins élevé que l'eau potable, on peut se demander si cette différence de longévité des éléments ♂ n'est pas due à l'acidité relative du milieu.

Dispositif expérimental. — Les vésicules séminales et les testicules broyés de Grenouilles sont additionnés d'un peu d'eau ordinaire. Des quantités connues de cette liqueur décantée, mélangées de mêmes proportions d'eau distillée, ou d'eau ordinaire, ou des mêmes liquides renfermant du NaCl à 1,5 pour 1000 et parfois de petites quantités de NaOH servent au bout de temps variables à féconder des œufs normaux de l'espèce.

Résultats expérimentaux. — Le broyage de testicules et de vésicules séminales ayant une concentration saline au moins équivalente à 4 pour 1000 de NaCl et un pH plus élevé que celui de l'eau distillée, l'introduction de la liqueur initiale dans les différents liquides modifie la teneur en sels et le pH des solutions utilisées. Ce dont il faut tenir compte.

Le tableau suivant résume un des nombreux essais réalisés et tous concordants.

Liquides spermatiques.	pH des liquides spermatiques au début de l'expérience.	Pourcentage des stades II pour les fécondations effectuées après :					
		15 min.	1 h.	2 h.	3 h. 40.	6 h. 10.	11 h. 20.
Eau distillée	7,05	10 à 12	0	"	"	"	"
+ NaCl à 1,5/1000	7,15	100	100	100	95	95	20
+ NaOH	7,70	1	0	"	"	"	"
+ NaOH + NaCl à 1,5/1000	7,75	100	100	100	95	70	10
Eau ordinaire	7,50	100	60	20	10	10	0
+ NaCl à 1,5/1000	7,70	100	100	100	100	95	25 à 30
+ NaOH	8,00	90	12	10	10	8	0
+ NaOH + NaCl à 1,5/1000	8,05	100	95	100	95	95	95

Bien que l'adjonction de petites quantités de NaCl ou de sels modifie légèrement le pH du milieu, il paraissait intéressant de dialyser des suspensions spermatiques soit dans l'eau ordinaire, soit dans l'eau contenant du NaCl. Des spermatozoïdes dans une solution de NaCl à 1,5 pour 1000 dans l'eau ordinaire et séjournant dans un dialyseur de Graham, le cristallisoir extérieur renfermant de l'eau ordinaire, ne fournissent plus que 90 pour 100 de segmentations après 4 heures 10 minutes et 2 pour 100 après 6 heures 30 minutes. A la même concentration spermatique, les spermes témoins dans l'eau ordinaire ou dans l'eau salée donnent 100 pour 100 de divisions après 4 heures 10 minutes, 60 pour 100 après 6 heures 30 minutes pour le liquide salé et seulement 5 pour 100 après 4 heures 10 minutes et aucune segmentation après 6 heures 30 minutes pour l'eau ordinaire.

Dans les expériences inverses, le sperme à l'eau ordinaire est mis dans le dialyseur, l'eau salée dans le cristallisoir.

Après 3 heures 45 minutes la solution spermatique dialysée procure encore 95 pour 100 de divisions alors que la solution témoin à l'eau n'en fournissait déjà plus que 10 pour 100 au bout de 2 heures.

En variant le mode expérimental, on obtient le résultat paradoxal suivant : une suspension de sperme à l'eau dans le dialyseur, de l'eau à 3 pour 1000 de NaCl se trouvant dans le cristallisoir, conserve sa vitalité plus longtemps qu'une solution témoin de même concentration spermatique dans l'eau à 1,5 pour 1000 de NaCl.

Ceci indique nettement que cette dernière quantité de sel n'est pas la dose optimum pour le maximum de survie des éléments ♂.

Conclusions. — De l'ensemble des expériences on peut déduire que :

1° A dilution spermatique égale, si le pH du milieu extérieur a une action indiscutable sur la vitalité des spermatozoïdes, son influence comparée à celle du NaCl ou de la concentration saline est relativement minime. La teneur en sels des liquides joue le rôle primordial dans la durée de survie des éléments ♂.

Bien que les pH d'arrêt n'aient pas été déterminés on entrevoit qu'ils sont très rapprochés.

2° Les modifications du pH des solutions par le séjour prolongé et les réactions vitales des spermatozoïdes, de même que le NaCl contrebalançant les conséquences funestes de la dilution spermatique font apercevoir le rôle des charges électriques dans la vie des éléments ♂. Les sels agissant comme amortisseurs.

3° Le milieu naturel (l'eau ordinaire dans ce cas particulier) ne réalise pas l'optimum de concentration saline et de pH nécessaire pour le maximum de survie des spermatozoïdes.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Activation par la lumière des effets de l'argent sur* Convoluta. Note de Mme **Anna Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dès le début des expériences dont nous avons indiqué les résultats préliminaires dans notre Note précédente [1], nous avons reconnu qu'un

[1] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 571.

facteur essentiel de la surprenante rapidité d'action de l'argent métallique sur *Convoluta* est la lumière. De toutes nos observations sur le rôle de l'éclairement dans les effets de l'argent il ressort que toujours ceux-ci sont accélérés par la lumière. Si, dans un verre de montre contenant 2^{cm^3} d'eau avec *Convoluta*, on plonge une lamelle d'argent, les animaux souvent sont tués, à la lumière diffuse mais vive du jour, en quelques minutes; mais si le verre de montre est placé sous un voile noir, toutes autres conditions égales d'ailleurs, on pourra trouver des survivants après sept heures encore. La sensibilité aux différences d'éclairement, même minimes et que notre œil ne saurait apprécier, est telle que, de plusieurs verres de montre disposés sur la même table, les *Convoluta* les plus rapprochées de la fenêtre meurent les premières. Cette extrême sensibilité continue à se manifester même après que l'animal à été soustrait à l'argent : ainsi, quand on retire, après les y avoir laissées quelques instants, les *Convoluta* d'un creuset en argent, et qu'on les répartit dans deux verres de montre, dont un placé près de la fenêtre et l'autre un peu plus loin, le premier lot meurt plus vite que le second.

La lumière accélère également la réactivation de l'argent. Nous avons montré que l'argent au contact des *Convoluta* se désactive, rapidement si c'est une lamelle mince, plus lentement si la lame est épaisse. Place-t-on, dans un creuset en argent, plusieurs fois de suite, 5 minutes chaque fois, 1^{cm^3} d'eau avec une centaine de *Convoluta*, l'effet de l'argent s'atténue de plus en plus et devient à peu près nul au sixième essai par exemple. Avec une masse plus grande de *Convoluta*, la désactivation de l'argent est plus rapide. Pour lui faire retrouver son activité initiale il faut l'abandonner un certain temps à l'air. Or, ce temps est lui aussi fonction de l'éclairement : à la lumière, il faudra par exemple 1 heure; à l'obscurité, 6 heures ou davantage.

Ces résultats, joints à ceux de nos Notes précédentes, nous ont amenés à penser à un phénomène électrique. Voici encore une expérience qui pourrait être interprétée dans le même sens. Quand, pour étudier l'action de l'argent, on se sert de lamelles que l'on dépose dans des verres de montre avec *Convoluta*, on est aussitôt frappé par la « répulsion » que ces Vers manifestent vis-à-vis de l'argent : ils s'en écartent rapidement. Mais si la lamelle est épaisse, si c'est par exemple une pièce de 1^{fr} en argent, son action destructrice peut être si violente que souvent les *Convoluta* dès qu'elles arrivent à son contact se coupent en subissant une cytolyse qui progresse rapidement d'arrière en avant du corps : en peu de temps, la

pièce d'argent se trouve encerclée d'un anneau de cadavres de *Convoluta*.

Lorsque nous avons étudié l'action de l'argent sur les larves d'Oursin ([1]), nous avons remarqué que, si l'action de la paroi d'argent est assez rapidement mortelle, l'eau ayant séjourné dans un vase en argent n'a pas d'effet. Cependant, dans nos expériences sur *Convoluta*, l'eau se montrait, elle aussi, nocive, bien que beaucoup moins que le contact de l'argent. Il se peut que les larves d'Oursin soient moins susceptibles que les *Convoluta*. Mais, sans doute, est-ce surtout question d'éclairement et de température. En effet, nos expériences sur les larves d'Oursin ont été faites en mars-avril, à Monaco, à une température de 16° à 17°, et notre laboratoire était assez sombre. Pour les *Convoluta* (juillet à fin septembre), nous disposions d'une pièce bien éclairée par une large baie vitrée, et la température variait de 20° à 24°. Nous avons pu constater sur *Convoluta* que la nocivité de l'eau ne se manifeste que si son contact avec l'argent a été suffisant, et surtout si la température et l'éclairement dépassent certaines limites. D'ailleurs, à des températures au-dessous de 18°, les lamelles d'argent elles-mêmes, quand elles sont minces, n'agissent que lentement, à moins que l'éclairement ne soit intense.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'allophanate de cholestérol, et son emploi en Chimie biologique.* Note de M. **René Fabre**, présentée par M. Béhal.

J'ai eu l'occasion de démontrer l'importance du rôle du cholestérol dans la résistance des hématies à l'action photosensibilisatrice de l'hématoporphyrine ([2]). En poursuivant mes expériences sur ce sujet, j'ai été conduit à étudier la formation de combinaisons insolubles du cholestérol, et j'ai préparé, dans ce but, l'allophanate de cet alcool.

Cette préparation s'effectue aisément suivant la technique indiquée par M. Béhal ([3]), en vue de l'obtention des allophanates de nombreux alcools. Elle est basée sur l'action de l'acide cyanique, provenant de la dépolymérisation par la chaleur de l'acide cyanurique, sur le cholestérol en solution dans l'éther anhydre. La réaction s'opère sans difficulté; la solution éthérée

---

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1651.
([2]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 241.
([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **25**, 1919, p. 473.

de cholestérol à $\frac{1}{5}$, dans laquelle arrive le courant gazeux d'acide cyanique, se trouble, au bout de quelques minutes; si l'on prolonge l'action de ce courant gazeux, le liquide se prend en masse, en dégageant une forte odeur d'acide cyanique. Le mélange est alors abandonné au repos 6 à 8 heures; il est ensuite traité par l'éther pour éliminer le cholestérol qui n'a pas réagi; le résidu insoluble, qui constitue l'allophanate souillé d'un peu d'acide cyanurique, est séché jusqu'à disparition d'odeur cyanique. En partant de 5^g de cholestérol, on obtient ainsi $4^g,48$ de produit brut qui est purifié par cristallisation dans l'alcool amylique.

L'allophanate de cholestérol, $C^{27}H^{45}O - CO - NH - CO - NH^2 = 472$, est constitué par un produit cristallin, incolore, dont le point de fusion instantané au bloc de Maquenne est 277-278°. La solubilité dans les divers solvants usuels est faible. A la température de 18°, on note les chiffres suivants :

Solubilité dans l'éther anhydre..........	$0^g,063$ pour 100^{cm^3}
Solubilité dans l'alcool absolu...........	$0^g,061$ pour 100^{cm^3}

Dans l'alcool amylique, la solubilité est plus notable ($0^g,19$ pour 100^{cm^3}), et l'allophanate cristallise aisément par refroidissement de ses solutions dans l'alcool amylique à l'ébullition.

Dans l'alcool benzylique, il se dissout $5^g,89$ de cet éther, pour 100^{cm^3}, à 18°. Le pouvoir rotatoire spécifique a, dès lors, été déterminé en opérant sur la solution benzylique.

$$\alpha_D = -33°,93 \quad (\rho = -1°20', \quad p = 1^g,96, \quad v = 100^{cm^3}, \quad l = 2^{dm}).$$

Le dosage d'azote, effectué par la méthode de Kjeldahl, distillation de l'ammoniaque à l'appareil de Billy, et titrage en retour, en présence de sulfoalizarine, a donné les résultats suivants :

	I.	II.
Prise d'essai........................	$0^g,1540$	$0^g,1215$
$SO^4H^2 \left(\frac{N}{10}\right)$........................	$6^{cm^3},6$	$5^{cm^3},25$
Azote pour 100.....................	6,00	6,04
Azote calculé pour $C^{29}H^{48}O^3N^2$.......	5,93 pour 100	

La saponification de l'allophanate s'effectue en liqueur alcaline, et l'on peut la pratiquer en maintenant le produit finiment divisé dans une solution aqueuse de soude à $\frac{1}{10}$, à l'autoclave à 120°, pendant une heure. Ainsi, en partant de $0^g,092$ d'allophanate de cholestérol pulvérisé, et mis en

suspension dans 50^{cm^3} de soude à $\frac{1}{10}$, on extrait par l'éther, après saponification, $0^g,077$ d'un composé présentant le point de fusion et le pouvoir rotatoire du cholestérol (chiffre théorique : $0^g,075$). La récupération du cholestérol est donc complète dans ces conditions.

Si, au lieu d'opérer sur une solution éthérée de cholestérol pur, on opère sur une solution éthérée d'extrait de cerveau, on obtient, dans les mêmes conditions, un précipité, qui, après purification, présente les caractères de l'allophanate de cholestérol.

En pratiquant le même essai sur divers échantillons de lécithine, j'ai isolé, dans certains cas, une proportion variable de cet éther. J'ai dès lors effectué le dosage du cholestérol total par la méthode colorimétrique de Liebermann; j'ai rencontré, à côté de produits très purs, des échantillons de lécithine contenant 9,6 et 18 pour 100 de cholestérol. Il convient donc de purifier soigneusement les lécithines destinées à diverses expériences de biologie, relative par exemple à l'hémolyse, en raison de l'action différente du cholestérol et de la lécithine sur la résistance des hématies.

En résumé, l'allophanate du cholestérol peut être utilisé, en vue de la caractérisation et de la séparation du cholestérol, dans divers problèmes de chimie biologique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Action du bacille typhique sur le lait.*

Note de M. **Constantino Gorini**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai montré que l'addition au lait de certaines substances (bouillon, eau de levure, sang défibriné) stimulait l'activité de certaines bactéries qui, dans ces conditions nouvelles, coagulaient le lait, ce qu'elles ne faisaient pas avec le lait simple. Toutefois, le *B. typhosus* s'était montré incapable de coaguler le lait même en présence des substances stimulantes sus-indiquées. J'avais opéré sur une cinquantaine de souches de bacille typhique provenant de divers laboratoires et ensemencées sur du lait, stérilisé par Tyndallisation, additionnées de 10 pour 100 d'eau, de levure ou de sang. Au bout d'un mois de séjour à l'étuve, le lait ne présentait aucune altération apparente. Après un temps plus long, je me suis aperçu que le lait s'éclaircissait, prenait une teinte

([1]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 250.

opaline légèrement jaunâtre et avait une réaction alcaline. La caséine avait été peptonisée, ce que je n'avais jamais observé avec le lait stérilisé à l'autoclave et ensemencé comme à l'ordinaire avec une anse de platine de bacille typhique. Dans cette culture prolongée dans le lait en présence d'eau, de levure ou de sang, le bacille typhique se rapprochait des bacilles paratyphiques, il peptonisait la caséine sans acidification ni coagulation préalables. Je regardai l'expérience comme terminée, dans ces cultures abandonnées à l'étude, j'eus la surprise d'en voir quelques-unes où il s'était formé une coagulation véritable et dont la réaction était devenue acide.

Alors je repris mes recherches avec sept nouvelles souches de *B. typhosus* récemment isolées du sang des malades et par conséquent ayant toute leur virulence. J'observai que la culture dans le lait de ce bacille typhique virulent présente deux phases, une première, durant de 30 à 40 jours, dans laquelle la réaction est alcaline et la caséine est solubilisée; puis, une deuxième phase dans laquelle la réaction devient acide avec formation d'un caillot. Dans cette seconde phase qui a la même durée que la première, le lait s'épaissit, redevient blanc, la caséine reprenant l'état colloïdal primitif. Ces faits n'ont, à ma connaissance, jamais été signalés. Ils se produisent plus rapidement dans le lait additionné d'eau, de levure ou de sang que dans le lait simple.

Je pense que ces constatations ont un intérêt au point de vue du chimisme bactérien et aussi au point de vue de la parenté du *B. typhosus* et de certains *B. coli*. J'ai en effet distingué deux sortes de *B. coli*, l'un, étranger à l'organisme, est capable de coaguler le lait en l'acidifiant énergiquement, l'autre d'origine intestinale acidifiant légèrement le lait et le caillant par action combinée de l'acide et d'une présure. Le bacille typhique se rapproche de ce second type et appartiendrait à la catégorie des ferments mixtes ou acidoprotéolytiques (1892).

De même, dans le groupe des streptocoques j'ai aussi distingué un type saprophyte acidifiant fortement et un type parasite, acidoprotéolytique.

Les faits que je viens d'exposer peuvent servir à la différenciation des germes pathogènes. Le *B. typhosus* est capable de cailler le lait comme le *B. coli*, mais le premier produit un phénomène de réversion que je n'ai jamais observé avec le second.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1926.

Proceedings of the Pan-Pacific Congress (*Australia*), 1923. Melbourne, H. J. Green, 1924; 2 vol. 24^{cm}.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par ALBERT Ier, *prince souverain de Monaco*, publiés sous sa direction avec le concours de M. JULES RICHARD. Fascicule LXX : *Mollusques ptéropodes gymnosomes provenant des campagnes scientifiques du prince Albert Ier de Monaco*, par A. PRUVOT-FOL. Imprimerie de Monaco, 1926; 1 vol. 36^{cm},5.

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de M. *H. Lecomte*. Tome cinquième, fascicule 5 : *Euphorbiacées*, par F. GAGNEPAIN et L. BEILLE. Paris, Masson, 1926; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Lecomte.)

BUREAU HYDROGRAPHIQUE INTERNATIONAL. *Tables pour le calcul des marées par les constantes harmoniques.* (Supplément à la publication spéciale n° 12.) Cannes, Robaudy, 1926; 1 vol. 28^{cm}.

Les machines à prédire les marées, in *Publication spéciale* (n° 13) du BUREAU HYDROGRAPHIQUE INTERNATIONAL. Cannes, Robaudy, 1926; 1 vol. 28^{cm}.

Le sondage par le son, in *Publication spéciale* (n° 14) du BUREAU HYDROGRAPHIQUE INTERNATIONAL. Cannes, Robaudy, 1926; 1 vol. 28^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 4 octobre 1926.)

Note de M. *Constant Mathis*, Virulence pour l'homme du Spirochète de la musaraigne :

Page 575, ligne 2, *au lieu de* Vincent, *lire* Vinzent.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 26 OCTOBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la fête de la Toussaint et du jour des morts, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 3 novembre au lieu du lundi 1er.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène* (XIX). *Actions catalytiques de l'acide cyanhydrique et de divers composés cyanés*. Note [1] de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **Marius Badoche**.

Les corps suivants ont été opposés à différentes matières autoxydables : Acide cyanhydrique; cyanure de potassium, cyanure d'argent, cyanure cuivreux; ferrocyanure de potassium, ferricyanure de potassium, bleu de Prusse, bleu de France; acétonitrile, propionitrile, benzonitrile, *p*-tolunitrile; nitrile lactique, cyanhydrine de l'acroléine; acide cyanacétique.

L'acide cyanhydrique présentait un intérêt particulier, en raison de la simplicité de sa molécule et des observations d'action antioxygène dont il avait été antérieurement l'objet. Déjà entrevue, semble-t-il, par Claude Bernard, comme interprétation de sa toxicité, la propriété antioxygène de l'acide cyanhydrique a donné lieu, tant *in vivo* qu'*in vitro*, à des travaux importants, de la part de divers savants (Trillat, Battelli et Stern, Abderhalden et Wertheimer, Warburg, Meyerhof, Ellinger, Sakuma, Harrison, Fleury, etc.).

---

(1) Séance du 11 octobre 1926.

Notre attention a été plus spécialement appelée sur le mécanisme admis par certains de ces auteurs (Warburg, Sakuma, Meyerhof, Harrison) de l'action empêchante de l'acide cyanhydrique. D'après ce mécanisme, qui est principalement basé sur des expériences concernant l'autoxydation de la cystéine, l'acide cyanhydrique agirait non catalytiquement, mais stœchiométriquement, en neutralisant une impureté douée de propriétés catalytiques positives, en l'espèce, le fer, avec lequel il donnerait un complexe inactif (¹). Des essais relatés ci-dessous il ressort que l'acide cyanhydrique, dans les manifestations de son action, ne se range pas en dehors des autres catalyseurs que nous avons étudiés jusqu'ici, et nous pensons que cette action relève de notre mécanisme général, qui en explique toutes les particularités par une action catalytique, soit de l'acide lui-même, soit de combinaisons qu'il peut contracter dans le milieu (composés métalliques en particulier). Comme on le verra, en effet :

1° Des actions antioxygènes de l'acide cyanhydrique ont été observées vis-à-vis de corps qui étaient certainement exempts, en particulier, de fer, vu les précautions que nous prenions : plusieurs des corps avaient été, en effet, introduits sous forme de vapeur directement dans le tube où se faisait l'oxydation, de sorte que le fer, ou tout autre catalyseur métallique, ne pouvait y pénétrer qu'en passant par l'état de vapeur, ce qui paraît bien peu vraisemblable (²).

2° Nous avons constaté que les combinaisons complexes de l'acide cyanhydrique (ferrocyanure, bleu de Prusse, bleu de France) donnaient des effets catalytiques qui leur étaient propres, mais qui, eux aussi, pouvaient être aussi bien antioxygènes que prooxygènes.

3° Des actions prooxygènes ont été observées avec l'acide libre lui-même, qui achèvent de faire rentrer l'action catalytique de l'acide cyanhydrique et de ses dérivés dans le cadre général de notre théorie et qui, au contraire, ne sont pas expliquées par le mécanisme de neutralisation rappelé ci-dessus, à moins que l'on n'admette ici que le catalyseur neutralisé par l'acide cyanhydrique était un catalyseur négatif, mais alors il faudrait expliquer à son tour cette catalyse négative.

(¹) Pareillement, Titoff (1903) avait admis que les substances qui entravent l'autoxydation du sulfite de sodium agissent en neutralisant des traces de cuivre.

(²) Précaution supplémentaire, les vapeurs étaient produites par évaporation, et non par ébullition, ce qui aurait risqué d'apporter des vésicules liquides et, par suite, de la matière étrangère non volatile.

A la vérité, l'on peut admettre, si l'on veut, avec les auteurs précités, que l'acide cyanhydrique puisse s'unir à quelque constituant du milieu, mais on n'est nullement obligé d'invoquer les combinaisons ainsi formées pour expliquer les effets antioxygènes de l'acide cyanhydrique, lesquels, d'après nos expériences (en plein accord avec notre théorie), peuvent être produits aussi bien par l'acide libre que par ses combinaisons.

Il n'a pas été possible, pour nos essais sur l'acide cyanhydrique, d'employer sans modification notre technique ordinaire, applicable à la généralité des catalyseurs mis en œuvre jusqu'ici, produits peu volatils, qu'il était facile d'introduire en quantité connue très petite (1^{cg} et moins) dans l'ampoule du tube manométrique, et qui ne s'évaporaient pas pendant qu'on faisait le vide dans la canalisation. L'acide cyanhydrique était, en effet, trop volatil (Éb. 26°) pour pouvoir être mesuré comme liquide, et il ne l'était pas assez pour pouvoir être mesuré comme gaz : une technique spéciale a donc dû être établie. On soudait à l'extrémité inférieure de l'ampoule un tube capillaire préalablement jaugé et gradué au mercure, le calibre du tube étant choisi de telle sorte que 1^{cg} (ou, suivant les cas, 1^{mg}) d'acide s'étendît sur une hauteur de l'ordre du centimètre; l'on introduisait alors la dose d'acide cyanhydrique voulue par notre méthode de distillation dans le vide antérieurement décrite (¹), et ensuite la matière autoxydable, en prenant les précautions appropriées pour éviter la contamination de l'échantillon témoin.

Voici nos résultats :

Acide cyanhydrique. — A des doses voisines de 1 pour 100, l'acide cyanhydrique produit un effet antioxygène important vis-à-vis de l'acroléine (graphique n° 1), de l'aldéhyde propionique, de l'œnanthol, de l'huile de lin. Avec les deux premiers corps, l'action, après un temps variable, cesse brusquement, puis l'oxydation s'accélère. Les actions sont notablement plus faibles à la dose de 1 pour 1000.

A la dose de 1 pour 100, action négligeable sur l'aldéhyde benzoïque (²).

Avec le styrolène, action d'abord sensiblement nulle, puis, après un temps variable d'un essai à l'autre, accélération importante (le graphique n° 2 représente l'une des expériences sur le styrolène) (³).

Dans le cas de l'essence de térébenthine, comme l'acide cyanhydrique est pratiquement insoluble, chacun des deux corps paraît s'oxyder comme s'il était seul.

Cyanure de potassium. — Avec l'acroléine, à la dose de 1 pour 100, d'abord arrêt complet de l'oxydation, puis, brusquement, oxydation accélérée, comme lorsqu'on fait agir l'acide libre (voir ci-dessus).

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **31**, 1922, p. 1169.

(²) Nous ne faisons pas état de nos observations sur le furfurol, quelques-unes étant aberrantes.

(³) Dans ce cas, comme dans tous ceux où nous avons observé une accélération de l'oxydation de styrolène, il y a en même temps accélération de la polymérisation en métastyrolène.

A la dose de 1 pour 1000, léger ralentissement de l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque.

Le cyanure de potassium est parmi les stabilisateurs les plus actifs que nous ayons rencontrés des solutions de sulfite de sodium. A la concentration de 1 pour 100 (la solution étant au $\frac{1}{10}$), l'oxydation est presque entièrement supprimée en solution légè-

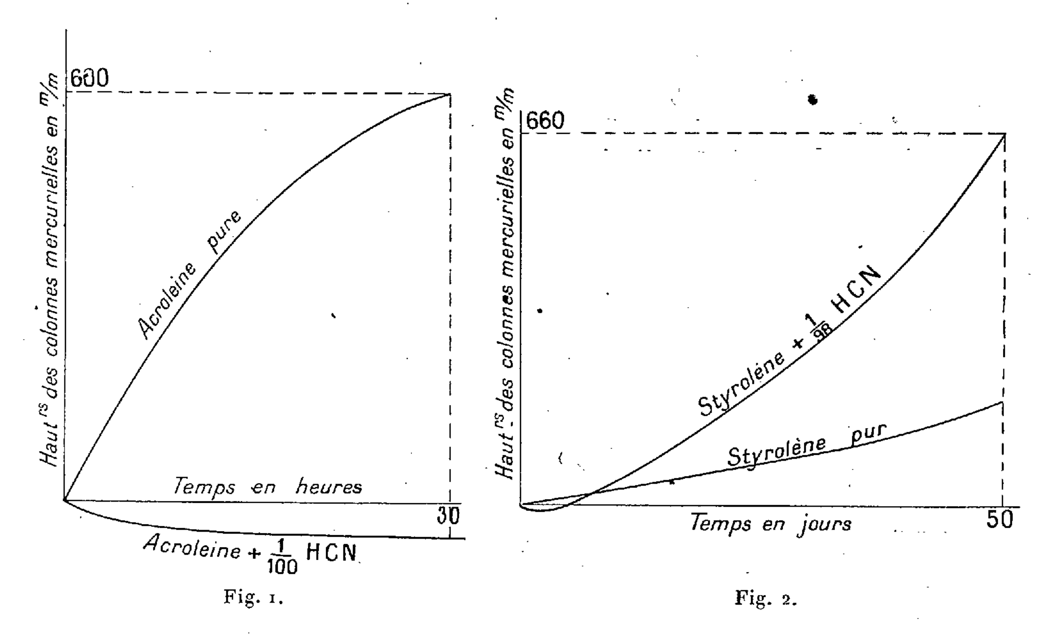


Fig. 1.

Fig. 2.

rement alcaline et considérablement ralentie en solution légèrement acide; les ralentissements sont déjà importants à la concentration de 1 pour 1000.

Cyanure cuivreux : Avec l'acroléine à 1 pour 100, on a d'abord observé un arrêt complet de l'oxydation pendant 3 heures, puis une oxydation rapide.

Cyanure d'argent : A 1 pour 100, action nulle sur l'acroléine.

Ferrocyanure de potassium : A 1 pour 100, arrêt complet de l'oxydation de l'acroléine pendant 9 jours, puis, brusquement, oxydation rapide. Action nulle sur l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque.

Ferricyanure de potassium : A 1 pour 100, action sensiblement nulle sur l'oxydation de l'acroléine.

Bleu de Prusse et bleu de France : A 1 pour 100, action nettement prooxygène sur l'acroléine, sensiblement nulle sur l'aldéhyde benzoïque, notablement antioxygène sur le sulfite de sodium.

Acétonitrile et propionitrile : Avec l'aldéhyde benzoïque à 1 pour 100, action nulle.

Benzonitrile et p-tolunitrile : Action antioxygène notable, à 1 pour 100, sur l'aldéhyde benzoïque.

Nitrile lactique $CH^3 — CHOH — CN$: A 1 pour 100, action pratiquement nulle sur l'oxydation de l'acroléine et de l'aldéhyde benzoïque, notablement ralentissante sur celle du styrolène.

Cyanhydrine de l'acroléine $CH^2 = CH - CHOH - CN$: A 1 pour 100, action pratiquement nulle sur l'oxydation de l'acroléine et de l'aldéhyde benzoïque.

Acide cyanacétique : A 1 pour 100, faible action prooxygène sur l'acroléine.

HYDROLOGIE. — *Recherche et dosage du strontium dans l'eau de mer.* Note (¹) de MM. A. Desgrez et J. Meunier.

La recherche du strontium par la méthode des essais spectrographiques dans la flamme de l'hydrogène, telle qu'elle a été exposée dans une Note précédente (²), ayant montré que ce métal accompagne presque constamment le calcium, nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étendre nos premières études et d'établir son existence dans les tissus des êtres vivants, dans les substances qui en dérivent, puis de déterminer son rôle biochimique.

Nous considérerons que le strontium peut exister dans la nature sous forme de composés solides, comme dans les produits minéraux et dans le tissu osseux, puis à l'état dissous, comme dans certains liquides organiques, le sang en particulier; de là deux séries de recherches : recherche dans les matières solides, recherche dans les liquides.

Les procédés applicables aux matières solides ont été suffisamment décrits, dans la Note citée plus haut, mais il est nécessaire de compléter les détails de la méthode pour l'appliquer aux milieux liquides pouvant contenir du strontium. Nous avons eu l'occasion de faire ce complément, en effectuant l'analyse intégrale de l'eau de mer.

Notre analyse a porté sur un échantillon puisé au large de Dieppe (9^{km} environ) par un temps calme, à la profondeur de 12^{m} et à la température de 7°. En de telles conditions, la composition ne peut être influencée, ni par le voisinage des côtes, ni par les apports des eaux fluviales et météoriques; c'est donc un échantillon type de l'eau de mer. Voici comment nous avons opéré pour mettre en évidence et doser le strontium, dont la recherche, dans ce milieu, n'avait donné jusqu'ici que des résultats contradictoires.

Quand on évapore doucement de l'eau de mer, il se dépose d'abord dans le liquide des aiguilles cristallines de sulfate de calcium, après lesquelles seulement apparaissent les cristaux cubiques de chlorure de sodium. Le

(¹) Séance du 18 octobre 1926.

(²) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1160.

sulfate de calcium étant soluble à 2g par litre, il en reste en solution dans le liquide; pour en obtenir une précipitation complète et séparer le chlorure de sodium en le redissolvant, on ajoute de l'alcool, de façon que cet alcool fasse le tiers du solvant. Les cristaux résiduels, après avoir été malaxés dans le solvant, sont recueillis sur un entonnoir à vide, essorés rapidement par ce moyen et lavés avec de l'alcool au tiers. Naturellement, le sulfate de strontium, étant encore moins soluble que celui de calcium, se trouve entièrement dans la matière essorée que l'on dessèche. Les lavages sont utiles pour débarrasser le mélange de sulfates des traces de métaux alcalins qu'il vaut mieux éviter, car ils enlèvent de la netteté aux clichés spectrographiques. La quantité de sulfates de calcium et de strontium, ainsi mélangés, est de 2g,118 par litre d'eau de mer. Cette eau peut donc être considérée comme en étant une solution saturée.

Pour faire l'essai spectrographique, on mélange au mortier la poudre précédente avec de l'oxyde de fer pur, contenant, comme on sait, $\frac{7}{10}$ de fer métal. Un mélange à parties égales d'oxyde et de poudre de sulfates donne sur le cliché une raie du strontium, λ 460μμ,7, beaucoup plus intense qu'aucune raie du fer; la proportion d'oxyde de fer additionnelle est donc insuffisante. En l'accroissant et en la portant à 66 pour 100, on obtient un mélange contenant 34 pour 100 de sulfates, dans le spectrogramme duquel la raie du strontium est d'une intensité sensiblement égale à celle de Fe λ 442μμ,7; cette égalité d'intensité correspond au rapport $\frac{\mathrm{Sr}}{\mathrm{Fe}} = \frac{4,5}{1000}$, d'où l'on calcule que le poids de strontium, dans 2g,118 de sulfates de calcium et de strontium extrait d'un litre d'eau de mer, est 0g,0135. Le rapport $\frac{\mathrm{Sr}}{\mathrm{Ca}} = \frac{1}{47}$ est celui qui se trouve dans le mélange de sulfates.

Le strontium existe donc bien dans l'eau de mer et en proportion relativement notable. S'il en était autrement, il serait difficile de concevoir comment ce métal peut se retrouver dans les tests calcaires des mollusques et des crustacés, tels que ceux des bucardes, coquillage commun qui se développe dans les vasières du littoral dans lesquelles l'eau de mer peut atteindre un haut degré de concentration. Le strontium signalé dans la Note précédente atteint, dans le test des bucardes, la proportion de 1g,42 par kilogramme.

Le strontium a été trouvé dans la composition de certaines eaux minérales. Nous sommes portés à croire que toutes les eaux, surtout les eaux calcaires, en contiennent et que c'est un élément commun aux êtres qui s'en abreuvent.

Il faut remarquer que si le strontium est très vraisemblablement à l'état de sulfate dans l'eau de mer, il n'est pas sous cette forme saline dans les tests et dans les tissus vivants; il se trouve transformé dans l'acte de la digestion et véhiculé ainsi à l'état dissous dans les tissus où il est localisé.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur la décomposition de la cellulose dans le sol.* Note [1] de M. S. **Winogradsky**.

La majorité des recherches sur la décomposition de la cellulose a été exécutée en faisant agir les microbes, isolés des milieux naturels, sur du papier à filtrer, qui est un mélange de fibres de lin et de coton.

M. Omelianski, le premier, a fait connaître un petit groupe de bacilles spécifiques qui font fermenter la fibre cellulosique à l'abri de l'air avec dégagement de gaz — hydrogène et acide carbonique, ou formène et acide carbonique — et production d'acides gras volatils.

M. Itersohn a attiré l'attention sur le fait que la destruction du papier marche bien plus rapidement à l'accès de l'air et que de nombreux organismes — bactéries et champignons — paraissent y participer.

MM. Kellermann, Mac-Beth et Scales ont cru avoir isolé tout un nombre d'espèces bactériennes capables de décomposer la cellulose, en se basant sur les zones d'éclaircissement qu'elles produisaient sur gélose contenant de la cellulose *précipitée;* ce qui ne permet pas de conclure à leur rôle dans le sol, tant qu'il s'agit là de cellulose *organisée.*

Les recherches de M. Waksman se portèrent, par contre, sur le rôle des mucédinées, notamment des *Trichoderma*, *Fusaria*, certains *Penicillium* et *Aspergillus*, lesquelles seraient les agents les plus actifs de la décomposition de la cellulose dans le sol, à condition d'y trouver la dose d'azote assez élevée qui leur est nécessaire. Dans ce cas, également, ce corps subit une destruction complète : une partie de son carbone est assimilée par l'organisme, le reste dégagé sous forme d'acide carbonique.

Une place à part revient à un travail de MM. Hutchinson et Clayton [2] qui ont réussi à isoler du sol de Rothamsted un microbe d'un type spécial dénommé *Spirochæte Cytophaga*, à cause de ses filaments sinueux et de sa fonction très prononcée de dégrader la fibre cellulosique, strictement spé-

---

(1) Séance du 18 octobre 1926.

(2) *The Journal of Agricultural Science*, 9, 1919, p. 143.

cifique dans ce cas. L'intéressant travail des auteurs anglais n'a pas eu de suite, et le rôle du microbe de Rothamsted est resté bien imparfaitement connu. Cependant leur description exacte, illustrée de beaux photogrammes, le font reconnaître avec sûreté comme membre d'un groupe très répandu dans tous les sols et dont le rôle est de tout premier plan. C'est celui qui fait le sujet de la présente Note.

Pour le faire pulluler, on se sert de plaques de silico-gel, dont la préparation est décrite en détail ailleurs. Un rond de papier à filtrer étalé sur la surface de gel est dans ce cas le seul aliment hydrocarboné offert. L'azote est fourni sous forme de nitrate, et il est important de bien choisir sa dose : trop faible, elle ne permettrait pas la pullulation; trop forte, elle conduirait à un envahissement rapide par les mucédinées. Le rapport le plus favorable de l'azote nitrique du milieu au papier est entre 2 et 2,5 pour 100 au maximum.

L'ensemencement se fait en déposant sur la surface du papier des particules de terre, mieux encore, de terreau ou de gadoue consommée. Les pullulations se manifestent sous forme de zones colorées entourant ces particules. Orange vif, rose brique, jaune ocre, les teintes varient d'une souche à l'autre; elles dépendent aussi en partie des pullulations étrangères qui ne tardent pas à s'associer à la principale. Tout de même, la fonction chromogène présente un caractère assez constant, permettant de reconnaître sur les plaques les différentes variétés ou souches de ce groupe. C'est la teinte orange vif qui est surtout caractéristique pour une variété très répandue, plus forte de taille et très active.

L'examen microscopique de ces zones — ou bien des taches colorées que l'on reproduit sur le même milieu par réensemencement à divers degrés de dilution — est très instructif, à condition d'être suivi dès le début et jusqu'à la fin. On arrache un flocon minuscule de papier coloré, on l'effiloche au moyen d'aiguilles dans une goutte d'eau, on sèche sur lamelle, on fixe par de l'alcool, on colore avec l'érythrosine phéniqué, et finalement avec de la gentiane aqueuse très étendue. Les microbes apparaissent alors seuls colorés, tandis que la substance des fibres reste incolore.

Les préparations sont caractéristiques et permettent de déterminer du premier coup d'œil la forme active : sorte de vibrion grêle, dont les articles de longueur variable pour les différentes souches (de 15 à 3^{μ}), larges au milieu de $0^{\mu},4$ à $0^{\mu},2$, se rétrécissent graduellement vers les deux bouts qui se terminent en pointe, et qui contrastent par leur coloration pâle et leurs contours flous, avec la partie élargie, laquelle est remplie par 2 à 4 grains

chromatiques relativement volumineux. Sinueux, incurvés en faucille, ou pliés de différente manière, les articles ou filaments sont très rarement tordus en spirale régulière et ne rappellent en rien les spirilles et les spirochètes; de sorte qu'on ne voit pas bien les raisons de les classer dans le dernier genre, comme l'ont fait MM. Hutchinson et Clayton avec la forme gracile trouvée à Rothamsted. Également inacceptable nous paraît le cycle évolutif avancé par ces auteurs, du reste sous réserve. Il en sera question dans notre Mémoire détaillé qui suivra.

Quant à la fonction, on verra qu'elle est remarquablement adaptée à la fibrolyse, et ce caractère saillant joint à leur morphologie, justifie leur groupement sous le nom de *vibrions fibrolytiques*.

Nos observations sur l'activité de ces vibrions, exécutées dans les conditions précitées, peuvent être résumées comme suit :

Leur action ne s'exerce qu'en contact immédiat avec la fibre qu'ils habillent rapidement d'une couche de leurs articles, en formant une sorte de pseudo-tissus, adhérant jusqu'à épouser tous les détails de structure de la fibre. Au début, quand la jeune colonie présente l'aspect d'une tache de couleur sans mucus, on a l'impression d'une culture pure revêtant les fibres, entre lesquelles on ne voit que des lambeaux de ce même pseudo-tissu entremêlés de petits groupes et individus du même organisme, évidemment détachés par le travail de préparation. On trouve pourtant, en cherchant bien, quelques formes étrangères — coccus et petits bâtonnets — prises entre les masses du fibrolyseur. Plus tard, on voit les parties âgées de la colonie se couvrir de mucus, peu abondant du reste, qui est le fait d'une pullulation de ces formes étrangères, dont la présence a été constatée dès le début. Mais on s'assure qu'à cette période, également, les fibres gardent leur revêtement originaire, de sorte que le tableau microscopique se décompose nettement en une culture homogène du fibrolyseur disposée sur les fibres, d'un côté, et les pullulations hétérogènes entre les fibres, d'un autre.

A mesure du développement de la colonie, le papier perd peu à peu sa structure fibreuse en se tranformant, *sans perte apparente de substance*, en une couche gélatineuse diaphane. Un examen microscopique pratiqué à cette époque, réserve une surprise au microbiologiste, qui constate que toute la masse des vibrions spécifiques a disparu par un phénomène d'autolyse générale. Les fibres réduites à des traînées sans structure ne sont revêtues que d'un mucilage vaguement granuleux, où il est parfois encore possible de discerner les restes des petits filaments caractéristiques du

microbe. Les causes immédiates de cette autolyse, si rare sous cette forme massive, restent à éclaircir. Quelles qu'elles soient, il est à noter que ce phénomène a lieu constamment, et cela dans des conditions d'expériences qui se rapprochent sensiblement des conditions naturelles.

Ces observations font bien ressortir le rôle du groupe dans le sol. On voit qu'il possède une affinité spéciale pour la fibre cellulosique qu'il envahit rapidement à l'exclusion de tous les autres microbes étrangers qui l'accompagnent, dont la pullulation ne se déclenche que tardivement, et évidemment aux dépens des produits solubles ou diffusibles de son action. Mais alors encore il garde son rôle et toute sa place sur les fibres, malgré les pullulations des commensaux qui entourent les centres de son activité. Quant à celle-ci, elle n'est ni profonde ni durable. Parvenue à un certain point, qu'il reste à préciser chimiquement, elle s'arrête brusquement, aussitôt que la cellulose organisée se transforme en substance colloïdale, dispersible dans le milieu.

La nature chimique de cette substance est encore imparfaitement étudiée, mais il paraît que c'est une oxycellulose, dont il y a, comme on le sait, des modifications qui donnent des solutions colloïdales, ou même vraies. Si c'est ainsi, on voit la différence entre les caractères d'activité des fibrolyseurs et des autres agents microbiens qui s'attaquent à la cellulose organisée. Tandis que ces derniers la détruisent en brisant la molécule, les premiers ne font qu'en modifier la constitution, en transformant un corps immobile et difficilement attaquable en un corps diffusible et plus facilement modifiable.

Le fait est surtout intéressant par rapport aux fixateurs d'azote, qui n'exercent leur action qu'au prix d'une forte consommation de matière énergétique. L'idée que ce pourrait être la cellulose, qui la fournit sous l'action des ferments spécifiques, n'est pas neuve, mais les modalités du phénomène présumé restent complètement obscures. La mobilisation de la cellulose dans le sol par les fibrolyseurs pourrait bien en être l'une des conditions principales.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration de l'équation aux dérivées partielles du second ordre à deux variables indépendantes.* Note [1] de M. **Riquier.**

Les recherches sommairement résumées dans la présente Note ont pour objet de ramener, si possible, à l'intégration d'équations différentielles ordinaires ou totales, celle des équations aux dérivées partielles

$$(1)\qquad r + 2A(x, y, z, p, q)s + B(x, y, z, p, q)t + C(x, y, z, p, q) = 0,$$

$$(2)\qquad rt - s^2 + L(x, y, z, p, q)r + 2M(x, y, z, p, q)s + N(x, y, z, p, q)t + R(x, y, z, p, q) = 0.$$

I. Soit $(x_0, y_0, z_0, p_0, q_0)$ un système de valeurs numériques fondamentales de x, y, z, p, q remplissant la double condition : 1° que les fonctions analytiques A, B, C, coefficients de l'équation (1), y soient régulières; 2° que la différence $A^2 - B$ ne s'y annule pas, à moins qu'elle ne soit identiquement nulle en x, y, z, p, q. Soient, en outre, $\alpha(y)$, $\beta(y)$ deux fonctions de y régulières au point y_0, et telles que $\alpha(y_0)$, $\beta(y_0)$, $\alpha'(y_0)$ soient respectivement égaux à z_0, p_0, q_0. En identifiant l'équation (1) avec une équation de même forme, déduite (par une suite d'opérations qui ne peuvent être ici décrites en détail) de l'équation provisoirement indéterminée $\Phi(x, y, z, p, q) = 0$, on est conduit à envisager un couple, (Γ), d'équations linéaires et homogènes du premier ordre, impliquant la fonction inconnue Φ des cinq variables indépendantes x, y, z, p, q, et où figure, multiplié par $\varepsilon = \pm 1$, le radical $\sqrt{A^2 - B}$; la considération de ce système donne lieu aux trois propositions suivantes :

A. Pour que l'intégration complète de l'équation (1) soit possible, nous voulons dire pour que son intégration *avec les conditions initiales*

$$(3)\qquad \begin{cases} z = \alpha(y) \\ p = \beta(y) \end{cases} \quad \text{pour } x = x_0$$

se ramène à l'intégration d'équations différentielles ordinaires ou totales, il suffit que, moyennant un choix convenable de ε, *le système* (Γ) *soit passif.*

B. Pour que l'intégration complète de l'équation (1) soit possible, *il suffit* encore *que, moyennant un choix convenable de* ε, *le système* (Γ) *soit la*

---

[1] Séance du 18 octobre 1926.

conséquence algébrique d'un système linéaire et homogène passif du premier ordre composé de trois équations, et tel, qu'en y opérant le changement de variables

$$X = x, \quad Y = y, \quad Z = z - \alpha(y), \quad P = p - \beta(y), \quad Q = q - \alpha'(y),$$

le système transformé soit résoluble par rapport à $\frac{\partial \Phi}{\partial X}, \frac{\partial \Phi}{\partial Z}, \frac{\partial \Phi}{\partial Q}$.

C. Les mêmes choses étant posées que ci-dessus, sauf en ce qui concerne la fonction $\beta(y)$, qui, dans la proposition actuelle, n'a pas à intervenir, pour qu'une *intégration incomplète* de l'équation (1) soit possible, nous voulons dire *pour que l'on puisse, par l'intégration d'équations différentielles ordinaires ou totales, obtenir quelqu'une des intégrales*, en nombre infini, *de l'équation* (1) *qui satisfont à la première des deux conditions* (3), *il suffit que, moyennant un choix convenable de* ε, *le système* (Γ) *soit la conséquence algébrique d'un système linéaire et homogène passif du premier ordre composé de quatre équations, et résolu par rapport aux quatre dérivées* $\frac{\partial \Phi}{\partial x}, \frac{\partial \Phi}{\partial y}, \frac{\partial \Phi}{\partial z}, \frac{\partial \Phi}{\partial q}$.

Ces conditions, dont aucune n'est nécessaire, n'en fournissent pas moins des règles très générales, assurant, pour des types variés d'équations du second ordre, la possibilité d'une intégration complète ou incomplète.

II. En ce qui concerne l'équation (2), les résultats auxquels on est conduit présentent avec ceux qui viennent d'être formulés la plus grande analogie : la méthode qui les fournit exige que l'expression $M^2 - LN + R$ soit, ou identiquement nulle, ou pourvue d'une valeur fondamentale différente de zéro; il va sans dire d'ailleurs, d'après la nature même des questions étudiées, que l'équation (2) doit être supposée résoluble par rapport à r, ou, en d'autres termes, que la valeur fondamentale de la somme $\alpha''(y) + L(x, y, z, p, q)$ doit être supposée différente de zéro.

III. Mentionnons enfin que l'étude de l'équation (1), supposée linéaire en z, p, q, r, s, t, conduit, pour la possibilité de son intégration, à une condition suffisante où interviennent, à l'exclusion du terme indépendant, les diverses fonctions de x, y qui y jouent le rôle de coefficients.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Alberto Pessoa. *J.-J. da Gama Machado.*

2° *Terminologie Horlogère établie avec la collaboration des Écoles d'Horlogerie suisses et françaises.* Fascicule I.

3° Ottavio Bonazzi. *Magnetochimica.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les expressions asymptotiques des polynomes de Tchebycheff et de leurs dérivées.* Note (¹) de M. **Jacques Chokhatte**, transmise par M. Appell.

1. Considérons la suite orthogonale et normale

$$(1) \qquad \varphi_n(x) \equiv \varphi_n(p\,;\,x) = a_n x^n + \ldots \qquad (n = 0, 1, \ldots; a_n > 0),$$

des polynomes de Tchebycheff correspondant *à l'intervalle fini* (a, b) et à la fonction caractéristique $p(x)$ avec $\frac{\log p(x)}{\sqrt{(x-a)(b-x)}}$ (L) *intégrable dans* (a, b). *Nous allons montrer, d'une manière élémentaire, que l'on a pour* $n \to \infty$, k, l *étant finis et* $= 0, 1, 2, \ldots$:

$$(2) \qquad \begin{cases} \varphi_n^{(k)}(z) = n^k \zeta^{n-k} \Phi_k(z)[1 + o(1)]; \\ \zeta = \dfrac{2z - a - b + 2\sqrt{(z-a)(z-b)}}{b-a}, \qquad \zeta = \infty \quad \text{pour} \quad z = \infty; \end{cases}$$

$$(3) \qquad \sum_0^n {}_i\, \varphi_i^{(k)}(z)\, \varphi_i^{(l)}(z') = n^{k+l} \zeta^{n-k} \zeta_1^{n-l} \Phi_{k,l}(z, z_1)[1 + o(1)];$$

les points réels z, z' *pris arbitrairement en dehors de* (a, b), $\Phi_k(z)$, $\Phi_{k,l}(z, z')$ *ne dépendant pas de* $n \neq 0$.

(¹) Séance du 18 octobre 1926.

A cet effet prenons d'abord $a \geqq 0$. On a alors [1] :

$$(4)\qquad \int_a^b \frac{p(y)}{x-y}\,dy = \cfrac{b_1}{x - \cfrac{b_2}{1 - \ldots}} = \cfrac{\lambda_1}{x - c_1 - \cfrac{\lambda_2}{x - c_2 - \ldots}} \qquad (\lambda_n = b_{2n-1}\,b_{2n});$$

$$(5)\qquad \lim_{n=\infty} b_{2n+1} = \left(\frac{\sqrt{b}-\sqrt{a}}{2}\right)^2 = b', \qquad \lim_{n=\infty} b_{2n} = \left(\frac{\sqrt{b}+\sqrt{a}}{2}\right)^2 = b'';$$

$$(6)\qquad \varphi_n^2(0) = a_n^2 \prod_{1}^{n}{}_i (x - x_{n,i})^2 = \frac{b_2 b_4 \ldots b_{2n}}{b_1 b_3 \ldots b_{2n+1}};$$

$$(7)\qquad \lambda_n - b'b'' = (b_{2n-1} - b')(b_{2n-2} - b'') + b'(b_{2n-1} + b_{2n-2} - b' - b'') + (b'' - b')(b_{2n-1} - b');$$

$$(8)\qquad \begin{cases} \varphi_{n+2}^{(k)}(z)\,\varphi_{n+1}(z) - \varphi_{n+1}^{(k)}(z)\,\varphi_{n+2}(z) = k\dfrac{a_{n+2}}{a_{n+1}} \displaystyle\sum_{0}^{n+1}{}_i\, \varphi_i^{(k-1)}(z)\,\varphi_i(z) \\ \qquad (z \text{ arbitraire};\ k = 0, 1, 2, \ldots); \end{cases}$$

$$(9)\qquad \begin{cases} \displaystyle\sum_{0}^{n}{}_i\, \varphi_i^2(p\,;z) = \varphi_n(p\,;z)\,\varphi_n[\,|x-z|\,p(x);\,z\,]\,\frac{\sqrt{|a-z|}+\sqrt{|b-z|}}{2}\,[1+o(1)] \\ \qquad (z > b \text{ ou } < a). \end{cases}$$

Le point fondamental pour ce qu'il suit est la convergence des séries

$$\sum_{0}^{\infty}{}_n (b_{2n-1} - b'), \qquad \sum_{0}^{\infty}{}_n (b_{2n} - b'')$$

dans le cas $a > 0$. Cela se déduit immédiatement de (7) à l'aide des résultats de ma Note citée. D'où

$$(10)\qquad \lim_{n=\infty} \prod_{1}^{n}{}_i \frac{b_{2i-1}}{b'} = \beta', \qquad \lim_{n=\infty} \prod_{1}^{n}{}_i \frac{b_{2i}}{b''} = \beta'' \qquad (\beta',\ \beta'' \text{ finis et } \neq 0);$$

$$(11)\qquad \prod_{1}^{n}{}_i (-x_{n,i}) = (-1)^n \left(\frac{\sqrt{b}+\sqrt{a}}{2}\right)^{2n} \frac{\beta''}{\beta'}\,[1+(0)] \qquad [\text{voir } (6)].$$

Soit maintenant (a, b) *fini quelconque*. De (11) on déduit d'abord aisément (2) pour $k = 0$ [2] à l'aide d'une transformation linéaire. Puis on obtient (2) pour $k = 1$, *en traitant* (8) *comme une équation linéaire aux*

---

(1) Cf. ma Note, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 394-397.

(2) Cf. G. Szegö, *Mathematische Annalen*, **82**, 1921, p. 208.

différences finies avec l'inconnu $\varphi'_{n+1}(z)$ *et en tenant compte de* (9). Par induction on obtient ensuite (2) *avec k quelconque*, et enfin (3).

2. *Application.* — Pour

$$G_n(x) = \sum_0^n {}_i g_i x^i \qquad (g_i \text{ réel quelconque}),$$

on a

$$(12) \quad \begin{cases} |G_n^{(k)}(z)| < C_k M n^k \zeta^{n-k} & (k = 0, 1, 2, \ldots;\ z > b \text{ ou } < a), \\ M = \sqrt{\int_a^b p(x)\, G_n^2(x)\, dx} \quad \text{ou} \quad \max|g(x)\, G_n(x)| \text{ dans } (a, b), \end{cases}$$

C_k ne dépendant ni de n, ni de M [1].

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Extension du théorème de Stokes. Chaque terme du développement du potentiel d'un astre sur un point extérieur est une constante indépendante de la constitution interne.* Note [2] de M. **Véronnet**, transmise par M. Appell.

Soit V, en un point P situé à la distance r, le potentiel relatif à l'attraction d'un astre en équilibre hydrostatique, et soit V' la valeur de ce potentiel pour une autre distribution quelconque des densités, d'après le théorème de Stokes on a $V' = V$, ou

$$V' - V = f \sum_1^{\infty} \frac{V'_n - V_n}{r^{n+1}} = 0.$$

Les V_n dépendent de la direction θ, φ du point P et cette expression doit être nulle en tout point de l'espace extérieur et sur la surface. Chacun des termes doit être identiquement nul et l'on a bien $V'_n = V_n$.

On peut donner une démonstration directe de ce théorème. On a

$$V_n = \int_0^{\pi} \sin\theta'\, d\theta' \int_0^{2\pi} P_n\, d\varphi' \int_0^{a_1} \rho\, r'^{n+2}\, dr' \qquad P_n = X_n(\cos\gamma) = Y_n(\theta, \varphi;\, \theta', \varphi').$$

La valeur à la surface de la dernière intégrale, définie par a_1, ne dépend

---

(1) Cf. ma Note, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 330.

(2) Séance du 18 octobre 1926.

que de θ', φ', on peut la développer en fonctions sphériques

$$\int_0^{a_1} \rho r'^{n+2} dr' = Y'_0 + Y'_1 + \ldots Y'_n + \ldots.$$

On aura ensuite en vertu d'un théorème connu sur la fonction P_n

$$V_n = \int_0^{\pi} \sin\theta' d\theta' \int_0^{2\pi} P_n Y'_n d\varphi' = \frac{4\pi}{2n+1} Y_n,$$

où Y_n est la valeur que prend Y'_n dans la direction θ, φ du point P. Par hypothèse les Y'_n et les Y_n dépendent de la loi des densités.

Or, soit V_1 la valeur constante du potentiel à la surface, ce qui suppose l'équilibre hydrostatique réalisé, prenons de plus le point P sur la surface, ce qui ne restreint pas la démonstration, on peut développer r en fonctions sphériques $Z_n(\theta, \varphi)$ sur la sphère de rayon a_1, et l'on pourra écrire, en tirant r de la formule du potentiel,

$$r = a_1 \sum_0^{\infty} Z_n = \frac{f}{V_1} \sum_0^{\infty} \frac{V_n}{r^n} = \frac{4\pi f}{V_1} \sum_0^{\infty} \frac{Y_n}{(2n+1) r^n}.$$

Cette égalité doit être vérifiée identiquement. On aura donc

$$Y_n = \frac{2n+1}{4\pi f} V_1 a_1 r^n Z_n = \frac{2n+1}{4\pi} M r^n Z_n.$$

Le premier terme, où l'on peut faire $Z_0 = 1$, donne $a_1 V_1 = fM$. Les Y_n ne dépendent bien que des valeurs r^n et Z_n à la surface.

Comme tous les termes du potentiel sont ainsi indépendants de la constitution interne, il en est de même du potentiel total. On a ainsi une nouvelle démonstration du théorème de Stokes.

Le premier terme du développement est la masse M, évidemment indépendante de la loi des densités.

Le second terme est égal à la différence des moments d'inertie. On a déjà démontré, en première et deuxième approximation, qu'il pouvait s'exprimer au moyen des seules données superficielles (Clairaut, Airy, Callandreau).

Dans le cas de Jupiter, comme l'avait déjà fait remarquer Laplace, la valeur de $C - A$, calculée d'après le mouvement des satellites, permet d'obtenir l'aplatissement avec autant de précision que les meilleures observations. On démontre encore que l'aplatissement déterminé pour Jupiter et

Saturne n'est explicable par aucune des lois de densité étudiées. Il faut admettre une inflexion de la courbe des densités. Dans le cas de Saturne il faut admettre en plus que la vitesse des couches superficielles est plus grande que celle des couches internes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Grande activité d'un groupe de taches solaires, suivie d'un orage magnétique et d'une aurore boréale.* Note ([1]) de MM. **L. d'Azambuja** et **H. Grenat**, présentée par M. H. Deslandres.

L'activité solaire, très grande pendant l'hiver 1925-1926, s'était fortement ralentie à partir d'avril. Elle avait repris en septembre et, le 13 octobre, quatre groupes de taches importants étaient visibles sur le disque, tous dans l'hémisphère nord.

A cette date, à $13^h 15^m$ (T. U.), une image de la couche supérieure de l'hydrogène (H_α), obtenue avec le grand spectrohéliographe de Meudon, a révélé la présence d'une masse étendue de gaz d'un éclat tout à fait exceptionnel, dans la région occupée par un des groupes de taches, sur le point de traverser le méridien central.

C'est de beaucoup l'éruption la plus intense qui ait été observée à Meudon où les images de l'hydrogène sont enregistrées d'une manière continue depuis 1909.

Le phénomène paraît avoir été très court. A $11^h 5^m$, en effet, une épreuve de la couche supérieure du calcium (K_3) n'offrait encore rien de remarquable dans la même région. Une seconde image de l'hydrogène, à $14^h 41^m$, ne montrait plus que les parties saillantes de la masse de gaz, très diminuées d'éclat.

A $14^h 35^m$, pendant la phase de déclin, la raie H_α, observée visuellement, semblait peu déviée de sa position normale, même dans les régions les plus brillantes de l'éruption, marquées par des renversements intenses. Mais elle était doublée en plusieurs points, du côté des grandes longueurs d'onde, par une raie sombre assez fine, annonçant la présence de masses hydrogénées descendant, ou redescendant, sur le Soleil avec une grande vitesse, de l'ordre de 130 km : sec. Ces mouvements de descente se révélaient

([1]) Séance du 18 octobre 1926.

encore, aussi rapides, sur la dernière épreuve du spectro-enregistreur des vitesses, à 15h37m.

L'examen visuel de la raie de l'hélium D_3, dans la région perturbée, montrait en divers endroits des renversements fins, peu marqués. En un seul point, à 15h30m, la raie était estompée et fortement déplacée vers le rouge (vitesse radiale : 150 km : sec.).

Les trois autres groupes de taches ont manifesté aussi, vers le même temps, une forte activité. Le 14 octobre, en particulier, deux groupes, à l'Ouest, montraient, sur les images de l'hydrogène, des plages faculaires très intenses. Le plus rapproché du bord révélait même, par l'observation visuelle de H_α, des mouvements radiaux de même sens et aussi importants que ceux présentés la veille par le groupe voisin du méridien central.

Ces marques d'activité solaire exceptionnelle permettaient de prévoir une perturbation magnétique. Celle-ci s'est produite, en effet, très violente dès le 14 octobre au soir. Elle a débuté à 20h, environ 31 heures après l'éruption décelée par le spectrohéliographe, et s'est poursuivie pendant 36 heures. Son maximum d'intensité a été atteint entre 19 et 23h le 15 octobre, 48 heures environ après le passage au méridien de la région solaire où s'était montrée l'éruption.

Peu après le premier crochet de la phase maxima, à 21h15m, M. Baldet, surveillant le ciel sur la seconde terrasse de l'observatoire, nota la présence, à l'horizon NW, d'une lueur blanc verdâtre, en nappe diffuse, dont la partie supérieure atteignait presque les étoiles de la Grande Ourse. Cette lueur était visible malgré la présence de cirrus et de la Lune, dans son premier quartier. Des fracto-cumulus se profilaient en sombre sur ce fond éclairé. Une deuxième manifestation aurorale, beaucoup plus nette, apparut dans une courte éclaircie, à 23h23m, peu après le second crochet, et fut observée par M. Baldet et l'un de nous du même endroit. Elle présentait l'aspect de jets verdâtres, au nombre d'une dizaine environ, disposés en éventail au NNW et montant jusqu'à près de 30°. Si le ciel avait été pur, le phénomène eût été certainement très remarquable. Enfin, à 24h0m, une trace d'aurore, rougeâtre cette fois et diffuse, fut entrevue au-dessus d'un nuage dans une autre éclaircie.

On a souvent constaté une corrélation étroite entre les manifestations plus ou moins généralisées de l'activité solaire et les perturbations magnétiques. Mais il est rare d'observer un cas concret où une perturbation

magnétique est immédiatement précédée d'une éruption de l'astre, nettement localisée et de brève durée. A notre connaissance, il n'en existe que deux autres exemples depuis le dernier minimum de taches. Le premier a été signalé par G. Hale (¹) qui, étudiant la chromosphère avec son spectrohélioscope, le 25 janvier 1926, suivit l'évolution d'une brillante éruption d'hydrogène. Moins de deux jours après, une perturbation magnétique importante avait lieu. Le second a été fourni par une observation de T. Royds (²) qui photographia, le 22 février 1926, de très brillants filaments d'hydrogène avec le spectrohéliographe de Kodaikanal. Ce nouveau phénomène solaire fut suivi, comme le premier, d'une forte perturbation magnétique, les 23-25 février. Dans le premier cas au moins, la raie noire de l'hydrogène a été, comme à Meudon, déplacée vers le rouge.

Pour décider si le phénomène solaire est la cause première de l'orage magnétique ou annonce simplement une activité exceptionnelle de la tache, il aurait fallu pouvoir observer l'astre d'une manière continue dans tout l'intervalle de temps qui a séparé l'apparition de la masse hydrogénée de la perturbation terrestre.

PHYSIQUE APPLIQUÉE A L'ENSEIGNEMENT. — *Application à l'enseignement de l'enregistrement optique des sons combiné à la cinématographie*. Note (³) de MM. **René Lutembacher** et **Léon Gaumont**, présentée par M. Louis Lumière.

L'application nouvelle qui fait l'objet de la présente Communication est basée sur l'enregistrement optique des sons combiné à la cinématographie.

Un fragment de leçon sur les médications cardiaques, que nous présentons en séance, montre l'intérêt didactique de cette méthode.

Ce double enregistrement synchronisé permet de réaliser la documentation la plus complète, empruntée à l'expérimentation, à la clinique, aux méthodes graphiques, pour apprendre aux étudiants les effets utiles et nuisibles des médicaments, suivant les doses employées.

L'expérience que nous soumettons à l'Académie montre le degré d'exactitude que l'on peut obtenir dans la synchronisation de la parole et de la

(¹) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **12**, 1926, p. 289.

(²) *Monthly Notices*, **86**, 1926, p. 380.

(³) Séance du 18 octobre 1926.

cinématographie; elle montre en outre la pureté des bruits enregistrés, non seulement de la parole, mais des signes d'auscultation.

La parole et les bruits du cœur sont inscrits sur un film à l'aide d'un oscillographe à miroir; ils sont reproduits par l'intermédiaire d'une cellule de sélénium et d'un amplificateur triode.

Pour l'enregistrement des bruits du cœur, dont la fréquence est très basse, on utilise un sthétoscope microphonique spécial que nous avons présenté à l'Académie de Médecine en mai 1925. Il permet de transmettre à distance, et à un grand nombre d'auditeurs, les signes d'auscultation. Le microphone est constitué par une lame de carton bakélisé de $\frac{5}{10}$ de millimètre d'épaisseur; sa fréquence propre est très basse; cette lame est sertie dans une armature métallique; ses vibrations provoquent des variations de courant dans une capsule microphonique fixée en son centre. Un filtre constitué par un condensateur et une bobine élimine les bruits dont la fréquence dépasse 8 à 900 périodes. L'amplificateur est à trois étages, à transformateurs droits et à circuit magnétique ouvert.

Le synchronisme est rigoureux pour ce qui a trait à la parole et il est approché au mieux pour l'explication des documents présentés.

La méthode se prête à l'audition à l'aide de haut parleurs, à la condition de recourir à des diffuseurs ne présentant pas de fréquence de résonance appréciable.

Pour l'écoute des bruits du cœur, il est cependant préférable d'utiliser des écouteurs électromagnétiques, sur lesquels on applique un sthétoscope individuel ou des pluristhétoscopes; ces sthétoscopes acoustiques, jouant le rôle d'un filtre passe-bas, favorisent l'écoute des bruits du cœur et placent le médecin dans les conditions habituelles de l'auscultation.

En terminant, nous tenons à signaler que les résultats présentés ont été obtenus avec la collaboration technique de MM. Frely et Aschel.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Rôle des microbes sporulés dans la flacherie du Ver à soie.* Note (1) de M. A. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Parmi les microbes rencontrés ordinairement dans le contenu intestinal des Vers à soie atteints de flacherie, Pasteur mentionne des « vibrions sou-

(1) Séance du 18 octobre 1926.

vent très agiles, avec ou sans noyaux brillants dans leur intérieur ». Depuis les travaux de Pasteur, un certain nombre d'espèces sporulées ont été isolées du contenu intestinal ou du sang de Vers flats; quelques-unes sont identifiées avec le Vibrion à noyaux, d'autres avec *Bacillus megatherium*, *B. mesentericus* ou même avec *B. alvei*, d'autres enfin sont considérées comme des espèces nouvelles.

Nous-même avons observé en 1924, dans deux magnaneries de la Basse-Ardèche, des Vers présentant les symptômes de flacherie et contaminés par un Bacille sporulé mobile, colorable par la méthode de Gram. Le Bacille se trouvait dans la cavité générale des Vers malades; il est très pathogène pour le Ver à soie et détermine leur mort par inoculation en 4 ou 5 heures à la température de 22°C.; après la mort, les Vers noircissent très rapidement et présentent l'aspect caractéristique des Vers flats. Le Bacille cultive facilement sur tous les milieux ordinaires utilisés en bactériologie. Sur gélose ordinaire, il forme une couche blanche mince, d'aspect porcellané; sur pomme de terre, la couche est épaisse, rouge vineux les premiers jours; la gélatine est liquéfiée très lentement en cylindre, il se forme en profondeur de fines arborisations d'aspect mycélien; le Bacille ne coagule pas le lait, mais éclaircit le milieu en quelques jours; en bouillon, la culture est peu riche, il se forme au fond du tube un dépôt blanchâtre difficile à remettre en suspension; le milieu s'éclaircit rapidement. Le Bacille est sans action sur la plupart des sucres, seuls le glucose et le lévulose sont légèrement attaqués.

Bien que la pathogénéité pour le Ver à soie soit comparable à celle du bacille Sotto, étudiée par Aoki et Chigasaki, ce bacille ne joue aucun rôle actif dans la flacherie ordinaire, il est d'ailleurs peu répandu; d'autre part, il est incapable de provoquer l'infection *per os*, quelle que soit sa virulence.

Nous avons rencontré beaucoup plus fréquemment, cette année, dans les élevages atteints de flacherie, une autre espèce microbienne également sporulée qui peut être la cause d'une véritable entité morbide. Un cas des plus typique a été observé dans une magnanerie de la Basse-Ardèche. A partir de la 5e mue, une proportion importante de Vers plus petits que les autres étaient atteints de diarrhée; ceux qui mouraient présentaient les symptômes de flacherie. Contrairement à nos prévisions, l'épidémie ne s'est pas aggravée et la récolte a été moyenne; à ce point de vue, la maladie diffère très nettement de la gattine.

En examinant à l'état frais une goutte du contenu intestinal diarrhéique d'un Ver malade, on constate la présence de nombreux bacilles sporulés très mobiles dont la forme est identique à celle des Vibrions figurés par Pasteur. Après coloration par la méthode de Gram, les bacilles se décolorent. Nous n'avons réussi à les cultiver sur aucun des milieux employés pour la culture des microbes aérobies ou anaérobies, non plus que sur milieux spéciaux à base de tissu de Ver à soie. Par ces différents caractères, le bacille diffère de toutes les espèces sporulées signalées jusqu'ici comme parasites du Ver à soie. Il est moins pathogène pour cet Insecte que le *Streptococcus bombycis* et ne semble se multiplier activement dans le contenu intestinal, que si le Ver est en état de réceptivité; ainsi s'explique sa présence dans les élevages déjà atteints de flacheries diverses; ainsi s'explique aussi que dans la magnanerie où nous l'avons rencontré à l'état presque pur, une proportion relativement importante de Vers ont résisté à l'infection et ont pu filer leur cocon.

Les lésions provoquées par le Bacille sporulé ne sont pas aussi caractéristiques que celles provoquées par le *Streptococcus bombycis;* le chondriome seul des cellules épithéliales de l'intestin moyen présente quelques signes d'altération.

Nous avons observé la présence du Bacille sporulé dans plusieurs élevages décimés par la gattine. En fait, Streptocoque et Bacille sporulé paraissent assez souvent associés dans la nature, au moins certaines années. C'est à une telle association microbienne que doit être attribuée la destruction totale d'un de nos élevages de laboratoire; il est juste cependant de faire observer que le déclenchement de l'épidémie a été rendu possible par un certain état de prédisposition des vers résultant en premier lieu d'un changement brusque des conditions d'élevage à partir de la troisième mue (température et nourriture). L'odeur butyrique, souvent caractéristique de la flacherie, était particulièrement développée au plus fort de l'épidémie; comme cette odeur n'est pas perceptible dans les élevages atteints seulement de gattine, on doit en conclure qu'elle a pour cause unique le Bacille sporulé. L'étude histo- et cyto-pathologique des vers malades nous a permis de constater que le Streptocoque jouait le rôle principal dans l'infection mixte; même dans les vers où le Bacille sporulé se rencontrait à l'état presque pur, on pouvait reconnaître facilement les lésions caractéristiques de la gattine. Ce fait d'observation apporte une preuve nouvelle à la thèse que nous soutenons sur le rôle fondamental du *Streptococcus bombycis* dans beaucoup de cas de flacherie.

Si nos recherches tendent à confirmer un des points essentiels de la théorie défendue il y a plus de 60 ans par Pasteur, elles tendent aussi à démontrer que la flacherie ne doit pas être considérée comme une entité morbide déterminée, mais comme un ensemble d'affections du tube intestinal ayant chacune ses lésions propres. La gattine rentre aussi dans la catégorie des maladies du tube intestinal; c'est même la plus importante de toutes au point de vue économique, puisqu'elle est à l'origine de beaucoup d'affections dont les symptômes sont ceux de la flacherie ordinaire.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *La résistance des cultures d'* Azotobacter chroococcum *à la dessiccation.* Note (1) de M. V. **Omeliansky**, présentée par M. S. Winogradsky.

L'importance de cette espèce microbienne et le fait que son cycle évolutif ne présente pas de spores, ni en général de stades de conservation bien différenciés, rend intéressant l'étude du degré de sa résistance à la dessiccation.

Pour ce but, on a laissé se dessécher quelques cultures sur gélose dextrinée et on les a gardées pendant 10 ans dans une boîte, tout en maintenant la même souche à l'état actif par réensemencements successifs sur le même milieu.

Au bout de ce temps, les cultures desséchées avaient l'air de pellicules sèches, tachées d'un enduit brun. Baignées dans quelques centimètres cubes d'eau stérilisée, elles se sont gonflées au bout de 2 jours suffisamment, pour permettre d'enlever au moyen d'un fil de platine une trace de cet enduit, qui présentait à l'examen microscopique un mélange de cellules normales d'*Azotobacter* et de formes d'involution ne prenant plus la coloration.

Quatre tubes de gélose dextrinée ont été ensemencés abondamment, en stries, avec cet enduit. Un seul s'est montré fertile. Mais dans une autre expérience avec le même nombre de tubes, il y en a eu trois qui ont donné des cultures.

Leur marche n'était pas normale. On constatait un développement lent et une faible pigmentation. Au microscope, les cellules se présentaient de

(1) Séance du 18 octobre 1926.

taille diminuée et très inégale, de forme sphérique; on notait une coloration moins intense au bleu de méthylène, en même temps qu'une structure alvéolaire très nette et une abondance de corpuscules métachromatiques. Mais ces particularités ont bientôt disparu dans les cultures successives, qui ne se distinguaient plus morphologiquement des cultures de la même souche maintenues à l'état actif.

Quant à la fonction fixatrice, on a exécuté une expérience pour comparer les deux lots, en les ensemençant parallèlement dans des fioles à fond plat chargées de 100$^{cm^3}$ de solution dextrinée; le taux du gain en azote fixé du lot ayant subi une dessiccation prolongée s'est montré en moyenne de 16 pour 100 inférieur à celui du lot maintenu actif.

Il résulte de ces observations que, malgré le manque d'organes de conservation bien différenciés, ce fixateur est suffisamment résistant pour ne pas succomber à des périodes de sécheresse des plus longues.

La séance est levée à 16^{h}.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 3 NOVEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations aux dérivées partielles se rattachant à des problèmes d'équilibre calorifique.* Note (¹) de M. ÉMILE PICARD.

1. Dans des travaux déjà anciens, je me suis occupé de l'équilibre calorifique d'une surface fermée rayonnant au dehors (²). On est ainsi conduit pour une surface dont l'arc est donné par

$$ds^2 = \mathrm{E}\, dp^2 + 2\mathrm{F}\, dp\, dq + \mathrm{G}\, dq^2$$

à l'équation différentielle relative à la température u :

$$(1) \qquad \Delta u = c(p, q)\sqrt{\mathrm{EG} - \mathrm{F}^2}\,.\,u,$$

où

$$\Delta u = \frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{\mathrm{G}\dfrac{\partial u}{\partial p} - \mathrm{F}\dfrac{\partial u}{\partial q}}{\sqrt{\mathrm{EG} - \mathrm{F}^2}}\right) + \frac{\partial}{\partial q}\left(\frac{-\mathrm{F}\dfrac{\partial u}{\partial p} + \mathrm{E}\dfrac{\partial u}{\partial q}}{\sqrt{\mathrm{EG} - \mathrm{F}^2}}\right),$$

$c(p, q)$ désignant une fonction positive sur la surface.

(¹) Séance du 26 octobre 1926.

(²) E. PICARD, *Sur l'équilibre calorifique d'une surface fermée rayonnant au dehors* (*Comptes rendus*, 130, 1900, p. 1499); *Sur une équation aux dérivées partielles correspondant à un équilibre calorifique* (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 25, 1909, p. 9). J'ai en outre développé ces questions dans mon cours de 1908.

On démontre l'existence d'une solution de l'équation (1), uniforme et continue sur la surface, sauf en un point singulier logarithmique qui correspond à une source avec un flux donné. En supposant le flux égal à 2π, et en désignant par (p', q') le point singulier, nous représenterons cette solution par

$$u(p, q; p', q');$$

elle est d'ailleurs symétrique en (p, q) et (p', q').

Envisageons maintenant l'équation

$$\Delta V = \lambda . c . \sqrt{EG - F^2} . V, \tag{2}$$

λ étant un paramètre constant. La recherche de l'intégrale de l'équation (2), uniforme et partout continue sur la surface, se ramène à la résolution de l'équation intégrale de seconde espèce sans second membre

$$2\pi V(p', q') + (\lambda - 1) \int\int c(p, q) . u(p, q; p', q') . V(p, q)\, d\sigma = 0, \tag{3}$$

l'intégrale étant étendue à la surface, et $d\sigma$ étant l'élément d'aire.

Les valeurs singulières de $\lambda - 1$, relatives à cette équation du type de Fredholm, correspondent aux valeurs négatives de λ en nombre infini pour lesquelles l'équation (2) admet des intégrales uniformes et partout continues.

2. On sait qu'à une surface fermée présentant p trous, correspond une courbe algébrique de genre p. Supposons les coordonnées d'un point quelconque de cette courbe exprimées par des fonctions fuchsiennes d'un paramètre $z = x + iy$, définies dans le demi-plan supérieur. Si l'on applique à ce cas les résultats précédents, on est conduit à considérer l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \frac{c(x, y)\, u}{y^2}, \tag{4}$$

$c(x, y)$ étant une fonction positive continue dans le demi-plan et restant invariable par les substitutions effectuées sur x et y, qui correspondent au groupe fuchsien envisagé. L'équation (4) admet une intégrale invariable par les substitutions de ce groupe, et partout continue sauf en un point d'un polygone fondamental et ses homologues, où elle a des singularités logarithmiques.

Pareillement l'équation

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = \frac{\lambda c V}{y^2}$$

admet pour certaines valeurs négatives de λ en nombre infini des intégrales invariables par les substitutions du groupe et partout continues.

3. Le cas de $p=1$ correspond à une périodicité par rapport à chacune des variables. On a alors l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}=\lambda c(x, y) u,$$

la fonction $c(x,y)$ admettant respectivement les périodes a et b pour les variables. Si c est une constante, la recherche des valeurs de λ correspondant à des solutions du type indiqué au paragraphe précédent est immédiate. Ainsi, avec $a=b=2\pi$ et $c=1$, on a pour les valeurs singulières

$$\lambda=-(m^2+n^2) \qquad (m \text{ et } n \text{ entiers}),$$

et la solution correspondante s'exprime par des sinus et des cosinus.

On a ici facilement l'équation de Fredholm analogue à l'équation (3). Il suffit de se rappeler [1] que l'intégrale de l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}=u,$$

admettant les périodes a et b respectivement pour x et y, et ayant comme points singuliers logarithmiques le point (α, β) et ses homologues dans les rectangles des périodes, est donnée par la formule

$$u(x, y)=\int_{-\infty}^{-1} \frac{\Theta(z, x, y)}{\sqrt{z^2-1}} dz,$$

où

$$\Theta(z, x, y)=\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{z\sqrt{(x-\alpha-ma)^2+(y-\beta-nb)^2}},$$

fonction qui est définie pour z négatif.

---

(1) E. PICARD, *Sur quelques problèmes relatifs à l'équation* $\Delta u=k^2 u$ (*Bulletin de la Société mathématique de France*, 28, 1900, p. 186).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur un phénomène de dépression atmosphérique produit sous le vent d'un obstacle élevé.* Note (¹) de MM. **Charcot** et **P. Idrac.**

Au cours de l'expédition du *Pourquoi-Pas* cet été, nous avons été témoins du phénomène suivant à l'île Jan Mayen qui, comme on le sait, est constituée en grande partie par un volcan de 2300^{m} d'altitude, le Beerenberg, dont les parois tombent à pente très rapide dans la mer sur les faces NW, NE et SE.

Au cours de ses travaux océanographiques autour de l'île, le navire dut par deux fois, en raison de la violence du vent, la première en se trouvant sur la côte Sud avec coup de vent de WSW, la seconde sur la côte Nord avec coup de vent WNW se mettre à l'abri près de la face nord-est de l'île. Or, dans ces deux circonstances, lorsque le navire pénétra dans la zone de calme à l'abri de l'île, les baromètres du bord enregistrèrent un crochet de dépression d'une amplitude de $1^{mm},8$, le premier jour, alors que le vent au large était en moyenne de 13^{m} par seconde, et un crochet de $2^{mm},5$, la seconde fois, le vent au large étant cette fois sensiblement plus fort, de 18 à 20^{m} environ.

Ce phénomène est très vraisemblablement dû à la présence d'une forte colonne d'air ascendante sous le vent du Beerenberg. En effet des expériences directes faites par M. Idrac ont montré que sous le vent d'un obstacle à parois raides au-dessus d'une surface unie (une meule dans un champ par exemple), il se produisait une colonne d'air ascendante.

Cette colonne ascendante est due à la rencontre des deux masses d'air séparées par l'obstacle, qui, le contournant et se rejoignant à l'arrière s'échappent vers le haut.

Il a été d'ailleurs facile de constater que le vent s'infléchissait autour de l'île de manière à converger vers la zone de calme, et la partie supérieure de la colonne ascendante était en quelque sorte dessinée dans le ciel par la présence d'un nuage, immobile apparemment, au-dessus de la zone de calme.

C'est là un exemple assez remarquable d'une dépression locale, artificiellement créée par un obstacle et sensible ici au baromètre en raison de la grande élévation de cet obstacle.

(¹) Séance du 26 octobre 1926.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le chlorure de pyrosulfuryle* (II). Note [1] de MM. V. **Grignard** et P. **Muret**.

Nous allons examiner dans ce second mémoire [2], l'action de l'eau, les propriétés diamagnétiques et la réfraction moléculaire qui nous conduiront à une nouvelle conception de la constitution de ce corps.

Action de l'eau. — La décomposition hydrolytique varie suivant les conditions opératoires. L'eau même en faible quantité, trouble le chlorure de pyrosulfuryle :

1° Si l'on introduit celui-ci dans un grand excès d'eau (200 p.), à la température ordinaire, on constate que si l'on agite le liquide (20 t : m) en même temps que l'on mesure sa conductibilité électrique, celle-ci augmente régulièrement suivant une courbe parabolique jusqu'à un certain maximum qui est atteint aussitôt que la dissolution est complète (27 minutes dans une expérience sur $0^g,958$), et cette conductibilité est précisément celle qui correspond à la réaction

$$S^2O^5Cl^2 + 3H^2O = 2SO^4H^2 + 2HCl.$$

Il faut donc admettre que ce n'est pas l'hydrolyse qui est lente, mais la dissolution dans l'eau. Quand le chlorure est dissous, son hydrolyse est, au contraire, immédiate. La vitesse d'hydrolyse décroît, d'autre part, à mesure que la concentration en ions H^+ augmente.

Les résultats précédents fournissent d'ailleurs un critérium de pureté pour le chlorure de pyrosulfuryle, car, en présence d'un peu d'anhydride ou de chlorhydrine sulfuriques, on constate un accroissement plus ou moins important de la vitesse d'hydrolyse, au début [3].

2° Si l'on fait agir sur le chlorure une faible quantité d'eau, insuffisante pour réaliser l'hydrolyse totale, la réaction change complètement. Ajoutons, par exemple, 1^{mol} d'eau à 1^{mol} de chlorure, sans agiter. Le chlorure se rassemble au fond du vase, la masse s'échauffe et il se produit un abondant dégagement gazeux dans lequel on peut caractériser SO^2 et Cl^2.

Cependant en examinant le phénomène de plus près, on s'aperçoit que le chlore est surtout sous forme de Cl OH.

---

(1) Séance du 26 octobre 1926.

(2) Voir *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 581.

(3) Nous avons trouvé que la résistance électrique du chlorure de pyrosulfuryle est très grande, de l'ordre de 20000 ohms.

On met celui-ci en évidence, avant qu'il ait réagi sur SO^2, par du mercure en excès (¹). Il se fait un oxychlorure gris, Hg^2Cl^2O, soluble dans HCl, en donnant $HgCl^2$, tandis que le chlore donne HgCl, insoluble dans HCl et blanc.

Le liquide résultant de l'hydrolyse a d'ailleurs des propriétés oxydantes beaucoup plus intenses que celles des solutions correspondantes de chlore, comme on peut le vérifier par action sur le sulfure de plomb. Il est donc probable que la première phase de l'hydrolyse est, ici :

$$S^2O^5Cl^2 + H^2O = 2\,ClOH + 2\,SO^2.$$

Il se produit ensuite une réaction secondaire :

$$SO^2 + 2\,ClOH = SO^4H^2 + Cl^2.$$

Heumann et Billitz (²) avaient déjà remarqué qu'en distillant 1^{mol} de $S^2O^5Cl^2$ avec 1^{mol} d'eau, on obtenait :

$$S^2O^5Cl^2 + H^2O = 2\,SO^3HCl,$$

ce qui est exact, mais ils n'ont pas vu ce qui se passait à froid et il est vraisemblable que la chlorhydrine sulfurique résulte, en deuxième phase, de la réaction de ClOH sur SO^2.

3° Quand on augmente un peu la quantité d'eau (3^{mol}), on observe les mêmes phénomènes que dans le cas précédent, mais la réaction n'est pas complète (au bout d'un mois, à froid, il reste encore du chlorure). Le liquide est séparé en deux couches et la réaction s'arrête quand la couche huileuse supérieure (acide sulfurique aqueux, avec très peu d'acide chlorhydrique) a une acidité correspondant à $56^g,5$ de NaOH pour 100^g de solution (³).

Nous devons particulièrement retenir de ce qui précède que le chlorure de pyrosulfuryle, en présence de petites quantités d'eau (1 à 3^{mol}), a des propriétés oxydantes (qui tendent à disparaître en solution diluée).

Quand on introduit du chlorure de pyrosulfuryle dans une solution concentrée de IK, il se produit une réaction exothermique très violente, avec précipitation d'iode et fort dégagement gazeux, riche en chlore. Puis la réaction se calme et l'on voit disparaître peu à peu la coloration de l'iode, grâce à l'acide sulfureux resté en solution. L'interférence de ces deux réac-

---

(¹) Treadwell, *Analyse qualitative*.

(²) *D. ch. G.*, 16, 1883, p. 485.

(³) Heumann et Billitz (*loc. cit.*) ont signalé également cette couche huileuse sans se rendre compte de sa véritable nature.

tions antagonistes, compliquée du fait que la réaction primitive n'est pas totale, ne nous a pas permis de faire des mesures.

Diamagnétisme et réfraction moléculaire. — La production de ClOH par hydrolyse ménagée de $S^2O^5Cl^2$ s'explique mal avec la constitution

$$\begin{matrix} O \\ O \end{matrix}\!\!\gg S \!\!<\!\! \begin{matrix} O \\ Cl\,Cl \end{matrix} \!\!>\! S \!\ll\!\! \begin{matrix} O \\ O \end{matrix}.$$

Nous nous sommes demandé si le Cl n'était pas relié au S par l'intermédiaire d'un atome d'O. Nous avons été ainsi conduits à étudier la susceptibilité magnétique qui, comme l'on sait, depuis les belles recherches de Pascal, permet souvent de pénétrer le problème de la constitution.

Nous avons utilisé dans ce but la balance magnétique de P. Curie-Chéneveau qui permet d'appliquer la formule

$$K_M = -0{,}79\frac{\Delta - \Delta''}{\Delta' - \Delta''}\frac{m'}{m}M.10^{-6},$$

dans laquelle K_M représente la susceptibilité moléculaire du corps de poids moléculaire M; Δ, la différence des deux élongations maxima du spot, afférentes aux deux positions de l'aimant quand on place dans le tube une masse m de substance; Δ', la même caractéristique pour un volume d'eau égal à celui de la substance et de masse m'; enfin Δ'' correspond de même au tube plein d'air. Les Δ sont positifs quand il y a attraction (paramagnétisme) et négatifs s'il y a répulsion (diamagnétisme).

Nous avons opéré, à 15°, sur les corps ci-dessous, et nous avons trouvé les valeurs moyennes (4 à 6 mesures) suivantes :

Tube plein d'air..........		$\Delta'' = +13,4$
H^2O....................	$m' = 0,6$	$\Delta' = -2,2$
SO^4H^2..................	$m = 1,2$	$\Delta = -4,5$
SO^2Cl^2..................	$m = 0,96$	$\Delta = -1,5$
$S^2O^5(OH)^2$..............	$m = 1,29$	$\Delta = -1,4$
$S^2O^5Cl^2$................	$m = 1,12$	$\Delta = -1,5$

On en déduit $K_{SO^2} = K_{SO^4H^2} - 2\,[OH] = -241,4.10^{-7}$.

Pascal, de son côté, a trouvé pour le groupement $S\!\ll\!\begin{matrix} O \\ O \end{matrix}$ des sulfones :

$$K_{SO^2} = -247.10^{-7}.$$

Nous pouvons donc admettre que c'est bien ce groupement avec S^{VI} qui existe dans l'acide sulfurique.

Cependant, en appliquant le même calcul à $S^2O^5Cl^2$, on trouve $K_{SO^2} = -178.10^{-7}$. Mais Pascal a montré qu'il y a dépréciation diamagnétique quand plusieurs atomes d'halogène sont liés à un même atome, et il a trouvé pour le groupement $> CCl^2$ une

dépréciation de 54.10^{-7}. Dans le cas de Cl^2 soudé à S, nous trouvons une dépression de 63.10^{-7}, du même ordre de grandeur, et tout à fait acceptable.

Si maintenant nous passons à l'acide pyrosulfurique, $S^2O^5(OH)^2$, nous pouvons calculer : $K_{S^2O^5} = -419,6.10^{-7}$.

Avec $S^2O^5Cl^2$, on trouve de même -415.10^{-7}.

Il n'y a plus, ici, de dépréciation parce que les deux atomes de Cl ne sont plus soudés au même atome.

Considérons maintenant les diverses constitutions possibles du groupement S^2O^5 :

Pour $(O=)_2S(-)-O-S(-)(=O)_2$ (S^{VI})....... $K = -540.10^{-7}$,

» $O_2{>}S(-)-O-S(-){<}O_2$ (cycles O—O) (S^{IV})....... $K = -404.10^{-7}$,

» $O=S(-O-)-O-S(-O-)=O$ (S^{IV})....... $K = -412.10^{-7}$.

La dernière valeur s'accorde très nettement avec les valeurs expérimentales précédentes, mais la seconde reste dans la limite des erreurs d'expérience. Or si nous considérons la réfraction moléculaire du chlorure de pyrosulfuryle, $\frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{M}{d} = 30,42$, nous trouvons que la troisième constitution exige $30,63$, tandis que les deux autres donnent des différences de $\pm 1,46$.

Nous sommes donc conduits à admettre pour l'acide et le chlorure pyrosulfuriques les formules :

$HO-O-S(=O)-O-S(=O)-O-OH$ et $Cl-O-S(=O)-O-S(=O)-O-Cl$.

Ces formules rendent bien compte de la facile décomposition de ces corps, de la formation de ClOH par action d'une seule molécule d'eau sur le chlorure, et des propriétés oxydantes de celui-ci.

D'ailleurs les propriétés oxydantes de l'acide pyrosulfurique sont également très nettes. Nous avons vérifié, en effet, que $0^{mol},5$ d'acide pyrosulfurique libère, en milieu anhydre, avec un même poids d'iodure de potassium, de 10 à 12 pour 100 d'iode de plus que ne le fait 1^{mol} d'acide sulfurique. De plus l'acide pyrosulfurique chauffé légèrement avec As^2O^3, en excès, donne un abondant dégagement de SO^2, réaction que ne présente pas l'acide sulfurique.

Dans une prochaine Note, nous étudierons l'action de l'oxyde de méthyle sur le chlorure de pyrosulfuryle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des gaz sur les propriétés des aciers.* Note [1] de MM. **Léon Guillet** et **Albert Roux**.

Nous avons comparé après des recuits, soit dans l'air, soit dans le vide, les propriétés mécaniques de différents aciers commerciaux, laminés en barres de 16^{mm} de diamètre contenant 0,04; 0,13; 0,44 pour 100 de carbone.

L'appareil utilisé pour recuire dans le vide se compose d'un tube de quartz fermé à une de ses extrémités et par l'autre mis en communication avec une trompe à mercure.

Ce tube est protégé dans la région portée à haute température par un deuxième tube de quartz concentrique qui permet de créer une chambre annulaire dans laquelle on maintient le vide avec une pompe. On évite ainsi les rentrées d'air dues à la porosité du quartz aux températures élevées.

Le chauffage est obtenu au moyen d'une résistance électrique placée à l'extérieur de la chambre annulaire. Le couple thermo-électrique est dans cette chambre.

Des éprouvettes ayant $10 \times 10 \times 55^{mm}$ ont donné des dégagements de gaz tels que le rapport du volume du gaz au volume d'acier soit égal à :

0,49	pour l'acier à C °/₀ =	0,04	après un chauffage de 2 h. 30 à 950° précédé d'un chauffage de 1 h. 40 de 20° à 950°.
1,9	»	0,04	après deux chauffages identiques.
3,3	»	0,04	après onze chauffages.
0,48	»	0,13	après un chauffage.
0,67	»	0,13	après deux chauffages.
0,36	»	0,44	après un chauffage.
0,53	»	0,44	après deux chauffages.

La vitesse du dégagement est très faible tant que la température des éprouvettes est inférieure à 700°. Elle passe par un maximum entre 750° et 850°. Ce résultat pourrait être rapproché de celui déjà trouvé par Belloc [2] qui pensait à une relation entre la température correspondant à la vitesse maximum du dégagement gazeux et la température des points de transformation.

Cependant un fil de nickel que nous avons chauffé dans les mêmes con-

---

(1) Séance du 26 octobre 1926.

(2) Belloc, *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, **110**, avril 1908, p. 492.

ditions a dégagé en un seul chauffage un volume de gaz égal à 22 fois son volume et bien qu'il n'y ait pas de points de transformation dans l'intervalle de température de 750° à 850°, la vitesse du dégagement gazeux y est maximum, comme pour les aciers.

Nos résultats, en ce qui concerne la nature du gaz, sont conformes à ceux trouvés par Troost et Hautefeuille (1), Boudouard (2), Belloc (3), Baraduc Muller (4). Ils sont formés de CO^2, CO, H, Az de traces de CH^4. Ce sont les gaz H et CO qui prédominent et atteignent chacun la proportion de 40 pour 100 du mélange; aux erreurs d'analyse près, la composition du gaz dégagé est constante.

Nous avons résumé, dans le Tableau I, les résultats des essais de choc sur barreaux entaillés et des essais de dureté. Les essais de traction n'ont donné que des différences extrêmement faibles, suivant les traitements subis.

Nature de l'acier.	Conditions du recuit.	Résilience en kg/cm² (5).	Dureté (6).
C °/₀ = 0,04 (7)	Vide durant 12 h. 30 m.	4,0	115
»	Air » 2 h. 30 m.	5,0	115
»	Vide » 5 heures	8,1	105
»	Air » 5 heures	3,6	115
»	Vide » 23 heures	10,6	115
C °/₀ = 0,13	Vide » 5 heures	16,8	105
»	Air » 5 heures	15,8	113
C °/₀ = 9,44	Vide » 2 h. 30 m.	5,3	155
»	Air » 2 h. 30 m.	5,1	175
»	Vide » 4 heures	5,3	150
»	Air » 4 heures	4,7	175

Nous avons, en outre, trouvé que la résistivité de l'acier à 0,04 pour 100 de carbone était de 10,20 michroms/cm²/cm après recuit dans le vide durant 2 heures 30 minutes et de 13,23 michroms/cm²/cm après recuit dans l'air durant le même temps.

Pour ce même acier, des cylindres de 13^{mm} de diamètre et de 20^{mm} de

(1) Troost et Hautefeuille, *Annales de Chimie et de Physique*, 7, 1876, p. 155.

(2) Boudouard, *Revue de Métallurgie*, 5, 1908, p. 69.

(3) Belloc, *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, 110, 1908, p. 492.

(4) Baraduc Muller, *Revue de Métallurgie*, 12, 1915, p. 804.

(5) Sur éprouvettes de 10 × 10 × 55^{mm} avec entaille de la Commission d'Unification.

(6) Avec une bille de 10^{mm} de diamètre sous charge de 3000^{kg}.

(7) Métal de fragilité anormale, quoique de composition courante.

longueur se dissolvent dans l'acide sulfurique de densité 1,842 étendu de 19 fois son volume d'eau, plus rapidement après recuit dans le vide qu'après recuit dans l'air. C'est ainsi que, au bout de 72 heures de séjour dans cette solution, l'échantillon recuit dans le vide a perdu 8,7 pour 100 de son poids initial; celui recuit dans l'air, 4,6 pour 100. Après un séjour de 328 heures, ces pourcentages deviennent 60 et 49.

L'examen au microscope nous a montré que pour des durées de recuit égales, les échantillons recuits dans le vide ont une structure cristalline moins grossière que ceux recuits dans l'air.

Nos expériences continuent.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sulfate chromique acétylé.* Note ([1]) de M. A. **Recoura**.

Dans une Note antérieure ([2]) j'ai fait connaître les premiers résultats de l'étude que j'ai entreprise de l'action de l'anhydride acétique sur les sels métalliques hydratés solides. J'ai fait voir que quand on abandonne dans un flacon fermé un sel métallique hydraté, finement pulvérisé, en contact avec un grand excès d'anhydride acétique, le premier effet de l'anhydride est d'arracher au sel solide les molécules d'eau les moins solidement attachées. La déshydratation du sel peut être complète; dans ce cas le phénomène ne va pas plus loin. Mais le plus souvent, certaines molécules d'eau du sel, plus solidement combinées que les autres, résistent à l'action déshydratante de l'anhydride acétique et restent attachées au sel. Mais alors ces molécules d'eau, par leurs valences résiduelles, fixent des molécules d'anhydride et l'on obtient un composé triple, formé de sel anhydre, d'eau et d'anhydride acétique. Ce sont ces composés dans lesquels des molécules d'anhydride acétique prennent la place de molécules d'eau disparues, que j'appelle des *sels acétylés*. Je vais faire connaître les résultats que j'ai obtenus avec le sulfate chromique violet.

Sulfate chromique acétylé. $Cr^2(SO^4)^3, 4H^2O, 4[(C^2H^3O)^2O]$. — On met en contact dans un flacon fermé le sel violet $Cr^2(SO^4)^3, 16H^2O$, en poudre très fine, avec un grand excès d'anhydride acétique (24^{mol} d'anhydride pour 1^{mol} de sel) et l'on soumet le flacon à l'agitation mécanique.

L'action de l'anhydride est assez lente. Ce n'est qu'au bout de plusieurs

([1]) Séance du 26 octobre 1926.

([2]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2217.

jours que le sel violet commence à verdir. Ce changement de couleur manifeste l'arrachement progressif des molécules d'eau du sel.

Celui-ci augmente notablement de volume. Au bout d'une vingtaine de jours la transformation est terminée. On essore aussi rapidement que possible le sel, on l'étend en couche mince sur une plaque de porcelaine poreuse que l'on enferme dans un dessiccateur contenant de l'anhydride acétique. C'est un produit d'un beau vert franc. Le composé étant fragile, se détruisant rapidement au contact de l'air humide et n'étant stable que dans une atmosphère d'anhydride acétique, il ne faut ouvrir le dessiccateur où on le conserve qu'au moment d'en faire l'analyse.

L'analyse montre que le produit, une fois l'équilibre établi, renferme pour 1^{mol} de sulfate chromique, 4^{mol} d'eau et 4^{mol} d'anhydride. L'anhydride a donc arraché 12^{mol} d'eau au sulfate violet, le transformant par cette déshydratation en sulfate vert, et ces 12^{mol} ont été remplacées par 4^{mol} d'anhydride. Le produit vert, renfermant 4^{mol} d'anhydride et 4^{mol} d'eau, c'est-à-dire les éléments de 8^{mol} d'acide acétique, on pourrait se demander si ces éléments sont combinés à l'état d'acide acétique. Les propriétés suivantes du composé montrent qu'il n'en est rien.

1° Il est stable dans une atmosphère d'anhydride. Conservé pendant plusieurs mois, il ne change pas de composition [je dois pourtant signaler qu'à la longue les vapeurs d'anhydride attaquent légèrement le produit, et $(C^2H^3O)^2O$ se substitue peu à peu à SO^3. Le même phénomène se produit dans le contact prolongé de l'anhydride liquide)].

2° Conservé dans une atmosphère exempte d'anhydride, mais *sèche* (en présence de chaux vive), il perd de l'anhydride acétique, mais il *conserve intégralement ses* 4^{mol} *d'eau*. La perte d'anhydride se fait avec une vitesse décroissante. Les deux premières molécules d'anhydride s'en vont assez rapidement en 3 jours. La troisième part beaucoup plus lentement. Au bout de 10 mois, elle n'est pas complètement partie. Les mêmes phénomènes se passent à chaud, mais plus rapidement. A 65° les deux premières molécules s'en vont en 2 heures. La troisième n'est pas complètement partie au bout de 15 jours. Maintenu ensuite 15 jours à 170°, il s'arrête à la composition $Cr^2(SO^4)^3$, $4H^2O$, $[(C^2H^3O)^2O]$, c'est-à-dire qu'il a conservé intégralement ses 4^{mol} d'eau.

3° Conservé dans une atmosphère exempte d'anhydride, mais *non sèche*, il perd alors beaucoup plus rapidement l'anhydride, et la quatrième molécule elle-même s'en va sous l'action de la vapeur d'eau atmosphérique.

Ces faits prouvent d'une manière indiscutable que l'anhydride acétique,

qui a été fixé par le sulfate chromique, ne s'est pas transformé en acide acétique en se combinant avec les molécules d'eau du sulfate.

4° Si, après lui avoir fait perdre de l'anhydride, en le maintenant pendant 2 jours dans une atmosphère sèche, on le replace dans une atmosphère d'anhydride, il refixe de nouveau de l'anhydride, mais avec une grande lenteur. Il faut un séjour de plusieurs mois dans la vapeur d'anhydride pour qu'il reprenne sa composition primitive.

En résumé, l'action de l'anhydride acétique sur le sulfate violet $Cr^2(SO^4)^3$, $16H^2O$ est analogue à celle qu'il exerce sur les autres sulfates que j'ai déjà étudiés. Le premier effet de l'anhydride est d'arracher 12^{mol} d'eau au sulfate violet et de le transformer ainsi en sulfate vert. Les 4^{mol} d'eau restantes (ce sont d'ailleurs des molécules de constitution) résistent à l'action de l'anhydride, mais déterminent la fixation sur la molécule saline de 4^{mol} d'anhydride, dont deux sont faiblement fixées, la troisième assez fortement, et la quatrième très fortement.

Le composé vert est, bien entendu, un complexe. L'acide sulfurique y est fortement dissimulé au chlorure de baryum. Mais ce complexe diffère du complexe vert $Cr^2(SO^4)^3$, $6H^2O$ que j'ai obtenu autrefois par la déshydratation *à chaud* du sulfate violet et qui possède des propriétés si curieuses. C'est ainsi que le sulfate acétylé est rapidement soluble dans l'alcool, tandis que l'autre y est insoluble. De plus, en dissolution dans l'eau, il retourne beaucoup plus rapidement à la forme violette que le complexe vert préparé à chaud. Ces différences s'expliquent par le fait que le sulfate vert déshydraté à chaud est, comme l'a montré Colson, un polymère qui ne se dépolymérise qu'assez lentement en dissolution, en donnant le sulfate vert non polymérisé, qui est encore un complexe, tandis que le sulfate acétylé, obtenu par une déshydratation à froid, constitue une forme non polymérisée du sulfate vert.

Ces expériences apportent en outre une contribution à la connaissance de la constitution du sulfate vert.

CORRESPONDANCE.

M. le **Président de la Société Royale de Londres** prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter à la célébration du Centenaire de la naissance de *Lord Lister*, le 5 avril 1927.

L'**Académie des Sciences de Russie** annonce le décès, survenu le 31 mai 1926, de son Vice-Président, M. *Wladimir Steklov*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les multiplicités cantoriennes* (¹) *et le théorème de Phragmèn-Brouwer généralisé.* Note (²) de M. **Paul Alexandroff**, présentée par M. Hadamard.

1. On connaît le rôle important joué dans la topologie du plan par le théorème de Phragmèn-Brouwer.

I_2. *Si aucun des deux ensembles fermés et bornés* F_1 *et* F_2 *ne décompose le plan et si* F_1 *et* F_2 *n'ont aucun point commun, leur somme* $F_1 + F_2$ *ne décompose pas non plus le plan.*

Comme de tout ensemble décomposant le plan on peut extraire une frontière commune des deux domaines connexes plans, la proposition suivante n'est qu'une autre forme du théorème de Phragmèn-Brouwer :

II_2. *La frontière commune des deux domaines connexes plans est un continu.*

Ce continu est d'ailleurs de dimension 1 ; c'est-à-dire *qu'il est une ligne cantorienne.*

2. Le but de la précédente Note est de démontrer les deux théorèmes suivants qui, imédiatement équivalents, expriment une proposition qu'il est naturel d'appeler *théorème de Phragmèn-Brouwer généralisé :*

I. *Soient donnés dans l'espace cartésien à n dimensions* E_n, *deux ensembles fermés* F_1 *et* F_2 *dont aucun ne décompose l'espace* (c'est-à-dire que $E_n - F_1$ et $E_n - F_2$ sont des domaines connexes). *Si la partie commune* $F_1 . F_2$ *aux*

(¹) Un continu C s'appelle, d'après Urysohn, une multiplicité cantorienne à n dimensions s'il reste connexe après la suppression d'un ensemble fermé quelconque d'une dimension non supérieure à $n - 3$.

Voir, pour toutes les questions de terminologie, de même que pour tous les renseignements bibliographiques, ma Note *Sur la dimension des ensembles fermés* (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 640).

(²) Séance du 18 octobre 1926.

ensembles F_1 *et* F_2 *est de dimension non-supérieure à* $n-3$, *l'ensemble somme* F_1+F_2 *ne décompose pas non plus l'espace* E_n (¹).

II. *La frontière commune des deux domaines connexes de* E_n *est une multiplicité cantorienne à* $n-1$ *dimensions.*

Démontrons d'abord que I_n résulte de II_n (la réciproque, d'ailleurs facile à vérifier, n'interviendra point dans nos raisonnements).

Soit $F = F_1 + F_2$, les deux ensembles F_1 et F_2 satisfaisant aux conditions du théorème I_n.

Supposons par impossible que F décompose l'espace E^n. L'ensemble F contient alors un sous-continu C, frontière commune des deux domaines connexes, C doit avoir nécessairement des points communs avec les deux ensembles F_1 et F_2. Posons donc

$$C_1 = C\cdot F_1, \qquad C_2 = C\cdot F_2, \qquad \Phi = C\cdot F_1\cdot F_2.$$

L'ensemble Φ décompose évidemment l'ensemble C. Or la dimension de Φ étant non supérieure à $n-3$, le continu C ne saurait être une multiplicité cantorienne à $n-1$ dimensions, contrairement à nos suppositions.

3. Il suffit donc de démontrer le théorème II_n. Quant à ce dernier, Urysohn l'a démontré (²) pour le cas $n=3$, et il a démontré aussi, dans le cas général, que le théorème II_n résulterait de la proposition suivante (³):

III_n. *Soient* P *une multiplicité polyédrale fermée* (⁴) *à* $n-2$ *dimensions située dans* E^n *et* α *un nombre positif tel qu'il existe un système* $(\alpha, n-2)$ *de sous-ensembles fermés* (⁵), $F_1, F_2, \ldots, F_l$ *de* P *recouvrant* P. *Supposons ensuite qu'un polygone simple fermé* Λ *soit enlacé avec* P. *Sous ces conditions, la distance* $\rho(P, \Lambda)$ *entre* P *et* Λ *est inférieure à* α.

Démonstration. — Supposons par impossible que $\rho(P, \Lambda) \geqq \alpha$. Choisissons un cubillage *canonique* de E^n (au sens de M. Lebesgue expliqué dans

---

(¹) Comme, par définition, l'ensemble vide est le seul ensemble de dimension -1, le théorème I_2 est contenu comme cas particulier ($n=2$) dans I_n. Il est évident de même du théorème II_2.

(²) *Mémoire sur les multiplicités cantoriennes*, Chap. II, nº 41 (*Fund. Math.*, 7, 1925, p. 123).

(³) *Fund. Math.*, 8, 1926, p. 313.

(⁴) *Geschlossene zweiseitige Pseudomannigfaltigkeit* au sens de M. Brouwer (*Math. Ann.*, 71, 1912, p. 305-306).

(⁵) Un système d'ensembles $F_1, F_2, \ldots, F_l$ est dit un système $(\alpha, n-2)$, si le diamètre $\delta(F_i)$ de tout ensemble F_i est inférieur à α, et s'il n'existe aucun point appartenant à plus de $n-2$ parmi les ensembles F_i. Tout système $(\alpha, n-2)$ est évidemment un système $(\alpha', n-2)$, si α' est un nombre inférieur à α, mais supérieur à tous les $\delta(F_i)$.

ma Note citée) tel qu'en désignant par Π_i l'ensemble somme de tous les cubes de ce cubillage non étrangers à F_i, on obtient encore un système $(\alpha', n-2)$ pour une certaine valeur $\alpha' < \alpha$. Il résulte alors du lemme de ma Note citée qu'il existe une déformation continue Δ' transformant l'ensemble $\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 + \ldots + \Pi_s$, donc en particulier P, en un complexe C^{n-3} de dimension $\leqq n-3$, et cela de façon, qu'au cours de la déformation Δ', aucun point de Π ne se déplace de plus de α'.

Il s'ensuit, en particulier, que Π (*donc aussi* P) *reste*, *pendant la déformation* Δ', *toujours étranger à* Λ.

Or, d'après un raisonnement élémentaire (qui me fut d'ailleurs communiqué par M. Brouwer), le complexe C^{n-3} peut être réduit, par une déformation continue Δ'', en un seul point O, et cela sans que C^{n-3} cesse, au cours de cette opération, d'être étranger à Λ. Les deux transformations continues Δ' et Δ'' nous donnent, effectuées successivement, une déformation continue Δ, réduisant Π (donc aussi P) en O. Comme au cours de la déformation Δ, P reste étranger à Λ, ce dernier polygone ne saurait être enlacé avec Π.

Le théorème III_n et, par suite, les théorèmes II_n et I_n se trouvent ainsi démontrés.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la réciprocité de deux complexes à foyers inflexionnels doubles.* Note (¹) de M. **Paul Mentré**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. M. Kœnigs (²) a montré qu'en général un complexe admet sur chacune de ses droites quatre *foyers inflexionnels*. J'ai indiqué (³) qu'un complexe K_1 à deux foyers inflexionnels doubles était enveloppé par un complexe linéaire non spécial dont la position dans l'espace projectif ne dépend que d'un seul paramètre. Je vais montrer notamment qu'en général on peut associer, d'une manière réciproque, à un complexe K_1 un autre complexe K_1. Les théorèmes que j'énonce se démontrent aisément soit par la *géométrie*, soit par le *calcul extérieur* de M. Cartan.

2. Théorème I. — *Si deux complexes linéaires* γ *et* γ' *prennent simultanément un déplacement à un paramètre commun p de telle manière que chaque complexe* γ *soit conjugué à* K (K = 1, 2, 3, 4 *ou* 5) *complexes* γ' *infiniment*

(¹) Séance du 11 octobre 1926.

(²) G. Kœnigs, *Annales de l'École Normale*, 2ᵉ série, 11, 1882, p. 331 à 335.

(³) P. Mentré, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 941.

voisins, réciproquement chaque complexe γ' est conjugué à K *complexes* γ *infiniment voisins. Si, pour une valeur particulière du paramètre p, le complexe linéaire* γ *est conjugué à* K + 1 *complexes* γ' *infiniment voisins, réciproquement le complexe* γ' *correspondant est conjugué à* K + 1 *complexes* γ *infiniment voisins.*

THÉORÈME II. — *On peut en général associer d'une manière réciproque à un complexe à deux foyers inflexionnels doubles un autre complexe de même catégorie.*

En effet au complexe K_1 développé par le complexe linéaire γ dépendant d'un paramètre, on peut associer le complexe enveloppé par le complexe linéaire γ' conjugué à *cinq* complexes γ infiniment voisins.

3. Appelons *caractéristique* de γ, l'ensemble des droites de la congruence linéaire commune à *deux* complexes γ infiniment voisins, *sous-caractéristique* de γ l'ensemble des droites de la demi-quadrique commune à *trois* complexes γ et enfin *hypocaractéristique* de γ l'ensemble des deux droites qui appartiennent à *quatre* complexes γ infiniment voisins.

THÉORÈME III. — *Les deux directrices de la caractéristique de* γ *constituent l'hypocaractéristique de* γ'.

THÉORÈME IV. — *La demi-quadrique sous-caractéristique de* γ *et la demi-quadrique sous-caractéristique de* γ' *sont situées sur une même quadrique.*

THÉORÈME V. — *Les droites* g, h *et* g', h' *des deux hypocaractéristiques de* γ *et* γ' *forment en général un quadrilatère gauche; elles engendrent en général des surfaces non développables* (g), (h) *et* (g'), (h').

THÉORÈME VI. — *Le complexe linéaire* γ *a un contact du* troisième ordre *avec chacune des surfaces réglées* (g) *et* (h).

THÉORÈME VII. — *Chaque côté du quadrilatère* $gg'hh'$ *est une direction asymptotique pour chacune des deux surfaces engendrées par les côtés contigus.*

4. THÉORÈME VIII. — *Le complexe linéaire* γ *est constamment osculateur à la congruence engendrée par la demi-quadrique sous-caractéristique de* γ.

Les deux congruences engendrées respectivement par les demi-quadriques sous-caractéristiques de γ et de γ' admettent un complexe osculateur ne dépendant que d'un paramètre. Ces deux congruences peuvent être associées d'une manière réciproque et sont en général des congruences W. D'où :

THÉORÈME IX. — *Étant donnée une congruence* W *dont le complexe osculateur* γ *dépend d'un seul paramètre, on peut lui associer* d'une manière réciproque *une autre congruence qui est en général de même nature.*

J'ai déjà considéré ailleurs (¹) le cas particulier pour lequel les deux congruences associées sont d'une part une congruence W et d'autre part une congruence à nappes focales confondues avec une surface réglée Σ. La congruence W est alors, d'après M. Wilczynski (²) la *congruence flecnodale* relative à Σ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Relation entre les fonctions de répartitions de deux suites dépendant l'une de l'autre.* Note (³) de M. I. **Karamata**, présentée par M. Hadamard.

J'ai défini (⁴) la fonction de répartition d'une suite de nombres. La question traitée ici est la suivante. Soit une suite de nombres bornés

$$\{\alpha_\nu\} \quad (\nu = 0, 1, 2, \ldots), \qquad a < \alpha_\nu < b \quad (\nu = 0, 1, 2, \ldots)$$

ayant $\alpha(x)$ pour fonction de répartition et soit $\varphi(x)$

$$\alpha \leqq \varphi(x) \leqq \beta \qquad \text{pour} \qquad a \leqq x \leqq b$$

une fonction intégrable au sens de Riemann-Stieltjes (intégrable RS) par rapport à $\alpha(x)$; quelle est la fonction de répartition de la suite

$$\{\beta_\nu\} \equiv \{\varphi(\alpha_\nu)\} \qquad (\nu = 0, 1, 2, \ldots)\,?$$

Considérons pour cela la fonction $\varphi(x, y)$, égale à o pour $\varphi(x) > y$ et à 1 pour $\varphi(x) \geqq y$. On a l'analogie d'un théorème de M. H. Lebesgue :

Si $\varphi(x)$ *est intégrable* RS *par rapport à* $\alpha(x)$, $\varphi(x, y_0)$ *l'est aussi pour tous les* y_0 *de* $[\alpha, \beta]$, *excepté au plus ceux d'un ensemble dénombrable* E.

Pour le démontrer, posons

$$\bar{\beta}(y_0) = \overline{\int_a^b \varphi(\xi, y_0)\, d[\alpha(\xi)]} = \mathop{\mathrm{L}}_{\substack{\delta=0\\ n=\infty}} \sup. \sum_{\nu=0}^{n} \mathrm{L}_\nu(y_0)\,[\alpha(x_\nu) - \alpha(x_{\nu-1})],$$

$$\underline{\beta}(y_0) = \underline{\int_a^b \varphi(\xi, y_0)\, d[\alpha(\xi)]} = \mathop{\mathrm{L}}_{\substack{\delta=0\\ n=\infty}} \inf. \sum_{\nu=0}^{n} l_\nu(y_0)\,[\alpha(x_\nu) - \alpha(x_{\nu-1})],$$

(¹) P. Mentré, *C. R. du 50ᵉ Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, tenu à Lyon en* 1926 (non encore paru).

(²) Wilczynski, *Projective differential geometry of curves and ruled surfaces*, Teubner, 1906, p. 175.

(³) Séance du 18 octobre 1926.

(⁴) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 833.

où $L_\nu(y_0)$ et $l_\nu(y_0)$ sont les bornes supérieure et inférieure de $\varphi(x, y_0)$ dans $[x_{\nu-1}, x_\nu]$, δ le plus grand de ces intervalles ($x_0 = a$, $x_n = b$) et L sup. et L inf. sont les limites supérieures et inférieures quels que soient les x_ν.

On a maintenant, pour $\alpha \leqq y_1 < y_2 \leqq \beta$,

$$\sum_{\nu=0}^{n} L_\nu(y_1)[\alpha(x_\nu) - \alpha(x_{\nu-1})] \leqq \sum_{\nu=0}^{n} l_\nu(y_2)[\alpha(x_\nu) - \alpha(x_{\nu-1})] + \sum{}' [\alpha(x_\nu) - \alpha(x_{\nu-1})],$$

où la somme Σ' s'étend à ceux des intervalles $[x_{\nu-1}, x_\nu]$ dans lesquels l'oscillation de $\varphi(x)$ est plus grande que $y_2 - y_1$.

Or on peut toujours choisir des points x_ν ($\nu = 0, 1, \ldots, n$) tels qu'on ait en même temps

$$\underset{\substack{\delta=0\\ n=\infty}}{\mathrm{L}} \sum_{\nu=0}^{n} L_\nu(y_1)[\alpha(x_\nu) - \alpha(x_{\nu-1})] = \int_a^b \varphi(\xi, y_1)\, d[\alpha(\xi)]$$

et

$$\underset{\substack{\delta=0\\ n=\infty}}{\mathrm{L}} \sum_{\nu=0}^{u} l(y_2)[\alpha(x_\nu) - \alpha(x_{\nu-1})] = \int_a^b \varphi(\xi, y_2)\, d[\alpha(\xi)],$$

d'autre part

$$\underset{\substack{\delta=0\\ n=\infty}}{\mathrm{L}} \sum{}' [\alpha(x_\nu) - \alpha(x_{\nu-1})] = 0,$$

quels que soient les points x_ν, puisque $\varphi(x)$ est intégrable RS par rapport à $\alpha(x)$; il en résulte que

$$\overline{\beta}(y_1) \leqq \underline{\beta}(y_2) \qquad \alpha \leqq y_1 < y_2 \leqq \beta,$$

d'où résulte que les fonctions monotones $\overline{\beta}(y)$ et $\underline{\beta}(y)$ sont égales, sauf en leur ensemble E de discontinuité. C. Q. F. D.

De là résulte le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Si $\alpha(x)$ est la fonction de répartition de la suite $\{\alpha_\nu\}$, et $\varphi(x)$ intégrable* RS *par rapport à $\alpha(x)$, la suite $\{\beta_\nu\} \equiv \{\varphi(\alpha_\nu)\}$ a pour fonction de répartition $\beta(y)$, donnée en tous ses points de continuité, soit $y = C(E)$, par*

$$\beta(y) = \int_a^b \varphi(\xi, y)\, d[\alpha(\xi)].$$

En effet, le nombre $\gamma_n(y)$ des β_ν ($\nu \leqq n$), non supérieurs à y, est

$$\gamma_n(y) = \sum_{\nu=0}^{n} \varphi(\alpha_0, y),$$

donc [l'intégrale ayant un sens quand $y = C(E)$]

$$\beta(y) = \mathop{\mathrm{L}}_{n=\infty} \frac{\gamma_n(y)}{n} = \mathop{\mathrm{L}}_{n=\infty} \frac{1}{n} \sum_{\nu=0}^{n} \varphi(\alpha_\nu, y) = \int_a^b \varphi(\xi, y)\, d[\alpha(\xi)] \quad (^1).$$

Soit dès lors

$$\frac{1}{n} \sum_{\nu=0}^{n} f[\varphi(\alpha_\nu)] = \frac{1}{n} \sum_{\nu=0}^{n} f(\beta_\nu),$$

où $f(x)$ est une fonction continue dans $[\alpha, \beta]$ et $\{\beta_\nu\} \equiv \{\varphi(\alpha_\nu)\}$; en faisant $n \to \infty$, on obtient

$$\int_a^b f[\varphi(\xi)]\, d[\alpha(\xi)] = \int_\alpha^\beta f(\xi)\, d[\beta(\xi)].$$

Cette équation montre que, dans une intégrale de la forme

$$\int_a f[\varphi(\xi)]\, d[\alpha(\xi)],$$

on peut toujours effectuer la substitution $\eta = \varphi(\xi)$, et l'on obtient

$$\int_a^b f[\varphi(\xi)]\, d[\alpha(\xi)] = \int_\alpha^\beta f(\eta)\, d[\beta(\eta)], \qquad \beta(\eta) = \int_a^a \varphi(\xi, \eta)\, d[\alpha(\xi)],$$

et cela quelle que soit la fonction continue $f(x)$ et la fonction $\varphi(x)$, supposée intégrable RS par rapport à $\alpha(x)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les théorèmes de MM. Bloch, Landau, Montel et Schottky.* Note (²) de M. G. VALIRON, présentée par M. Emile Borel.

1. M. Bloch a établi le théorème suivant : *Si la fonction*

$$Z = f(z) = z + \ldots$$

est holomorphe pour $|z| < 1$, *le domaine riemannien décrit par* Z *comprend un cercle à un feuillet de rayon supérieur à une constante absolue* (³). Voici

(¹) *Loc. cit.*

(²) Séance du 26 octobre 1926.

(³) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2051. Cette Note a été développée dans un autre Recueil.

une démonstration de cette proposition qui ne fait appel qu'aux théorèmes classiques et au théorème de M. Borel sur les fonctions croissantes. Soit $M(r)$ le maximum de $|f'(z)|$ pour $|z|=r$. Supposons d'abord que $(1-r)M(r)$ soit supérieur à 100 pour une valeur r_1 ($r_1<1$). Il existe alors un nombre $r_0<1$ pour lequel

$$(1) \qquad M(r'_0)\leqq 2M(r_0), \qquad r'_0=r_0+\frac{10}{M(r_0)}<1.$$

Car, si l'inégalité contraire avait lieu pour $r_0=r_1$, puis pour $r_2=r_1+\frac{10}{M(r_1)}$, puis pour $r_3=r_2+\frac{10}{M(r_2)}$, etc., $M(r)$ serait infini pour une valeur de r inférieure à 1.

Soit z_0 un point en lequel $|f'(z_0)|=M(r_0)$, $|z_0|=r_0$. Écrivons la formule de Taylor

$$(2) \qquad Z=f(z)-f(z_0)=(z-z_0)f'(z_0)+\frac{1}{2}(z-z_0)^2\varphi(z, z_0).$$

On sait que $|\varphi(z, z_0)|$ est inférieur au maximum de $|f''(u)|$ sur le segment z_0, z. En supposant $|z-z_0|M(r_0)<2$, on aura, d'après les théorèmes de Cauchy,

$$\frac{8}{M(r_0)}|\varphi(z, z_0)|<M(r'_0).$$

En tenant compte de (1) et en posant $\zeta=(z-z_0)f'(z_0)$, l'égalité (2) devient

$$(3) \qquad Z=\zeta+\frac{1}{8}\zeta^2\psi(\zeta),$$

$|\psi(\zeta)|$ étant inférieur à 1 lorsque $|\zeta|<2$. Le théorème de Rouché montre que, pour $|\zeta|<1$, $Z(\zeta)$ est univalent et couvre le cercle $|Z|<\frac{3}{4}$.

Lorsque $(1-r)\,M(r)$ reste constamment inférieur ou égal à 100, les coefficients de $f'(z)$ sont bornés par les inégalités de Cauchy. On trouve de suite que

$$Z=z+600z^2\varphi(z).$$

$\varphi(z)$ étant majoré par $\frac{1}{1-|z|}$. Cette relation analogue à (3) conduit à une conclusion analogue. Le théorème de M. Bloch est démontré ([1]).

2. M. Bloch a montré que, de son théorème, on déduit aisément celui de M. Landau : *si* $f(z)=a_0+a_1z+\ldots$ *est holomorphe et ne prend pas les*

([1]) Le théorème relatif aux fonctions entières s'obtient encore plus aisément.

valeurs o *et* 1 *pour* $|z| < \mathrm{R}$, *on a*

$$|a_1|\mathrm{R} < \Theta(a_0). \tag{4}$$

L'inégalité (4) est normale si $\Theta(a_0)$ est borné tant que a_0 est borné. L'inégalité obtenue par M. Bloch, celle de Hurwitz, sont normales. Si (4) est normale, on a, *a fortiori*,

$$|a_1|\mathrm{R} < \chi(|a_0|), \tag{5}$$

$\chi(u)$ étant continue.

De la forme (5) du théorème de M. Landau on passe aisément au théorème de M. Schottky par l'intermédiaire des familles normales de M. Montel. Le théorème fondamental de M. Montel : *Les fonctions* $f(z)$ *holomorphes à l'intérieur d'un domaine* D *où elles ne prennent pas les valeurs* o *et* 1 *forment une famille normale*, est en effet une conséquence presque immédiate de (5). Plaçons-nous dans un cercle $|z - z_0| < 2\rho$ intérieur à D et soit $f(z)$ une fonction de la famille dont le module en z_0 est inférieur à 1. Si z_1 est le point du cercle $|z - z_0| < \rho$ le plus proche de z_0 en lequel $\rho|f'(z_1)| \gtreqless 2\chi(1)$ et si $|z_1 - z_0| = k\rho$, on a, d'après (5),

$$< \frac{\chi[1 + 2k\chi(1)]}{2\chi(1)}.$$

ce qui montre que $k > 0$. Il existe donc un cercle $|z - z_0| < k\rho$ dans lequel $|f(z)|$ ou $\left|\frac{1}{f(z)}\right|$ est moindre que $1 + 2k\chi(1)$. La famille est normale en z_0, donc dans D. On sait alors que le théorème de M. Schottky est un cas particulier d'un théorème de M. Montel sur les familles normales bornées en un point.

En prenant pour $\chi(u)$ la fonction obtenue par M. Bloch, le calcul de k est facile et la valeur trouvée est telle que la méthode précédente s'applique de proche en proche et conduit directement au théorème de M. Schottky.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Remarques sur quelques propriétés des transformations continues de n variables.* Note (1) de M. S. **Stoïlow**, présentée par M. Émile Borel.

Dans un travail récent M. Banach (2) s'est occupé des transformations continues qu'il appelle à variation bornée. Je me propose d'attirer l'attention sur quelques propriétés des transformations continues quelconques de n variables. Ces transformations peuvent être considérées à bien des égards comme une généralisation des fonctions continues d'une variable.

Comme il est naturel, dans cette étude un rôle important est joué par la limite du rapport de la mesure du transformé d'un ensemble à la mesure de cet ensemble quand ce dernier tend vers un point fixe du plan. On peut appeler cette limite, quand elle existe, la *dérivée de la transformation* (M. Banach l'appelle jacobien généralisé) à cause de son analogie avec la dérivée ordinaire d'une fonction d'une variable, analogie qui s'étend bien au delà des propriétés élémentaires.

On peut se borner, ici, pour plus de simplicité au cas de deux variables, l'extension au cas général se faisant sans aucune difficulté.

1. Considérons donc la transformation

$$X = f(x, y \qquad = \varphi(x, y) \tag{1}$$

des variables x, y par les fonctions f et φ continues quelconques dans une région du plan que l'on peut supposer être le carré d'aire un, dont deux côtés coïncident avec les axes positives. La transformation (1) change ce carré en un ensemble fermé du plan (X, Y).

On peut définir la dérivée de la transformation de diverses manières plus ou moins générales en choisissant des familles moins ou plus étendues pour les ensembles du plan des (x, y) que l'on fait tendre vers un point fixe. Si cette famille est, par exemple, celle des carrés aux côtés parallèles aux axes et contenant (au sens large) ce point, ou bien une famille quelconque comprenant la précédente, on peut énoncer la proposition suivante, généralisation d'un théorème de M. Lusin : *l'ensemble des points où la*

(1) Séance du 26 octobre 1926.

(2) *Sur les lignes rectifiables et les surfaces dont l'aire est finie* (*Fundamenta Mathematicae,* 7, 1925, p. 225).

dérivée de la transformation existe et est nulle se transforme en un ensemble de mesure superficielle nulle.

Comme application on voit immédiatement que si la dérivée est nulle en tout point du carré fondamental sauf peut-être en un ensemble fini ou dénombrable de points, l'ensemble transformé du carré fondamental est un *continu linéaire* (ici courbe cantorienne et jordanienne à la fois) *de mesure superficielle nulle*. Il en est ainsi, en particulier, comme on sait, si f et φ admettent des dérivées partielles continues; la relation existant alors entre X et Y définit une courbe rectifiable.

Si (1) est tel que tout ensemble de mesure superficielle nulle se transforme en un ensemble de la même nature, il suffit que la dérivée soit nulle sauf peut-être en un ensemble de mesure nulle.

2. Un point p du plan (x, y) sera dit *singulier* pour la transformation (1) s'il existe un domaine contenant p (au sens étroit) qui se transforme en un domaine dont le transformé P de p est un point frontière (c'est-à-dire qui contient P au sens large seulement).

On peut montrer que *l'ensemble des points singuliers de* (1) *se transforme en un ensemble de première catégorie de Baire.*

Considérons une suite de domaines (d) contenant p (au sens étroit) et tendant vers p. Ces domaines sont transformés par (1) en d'autres domaines (D) contenant P au sens large seulement. Décrivons de P comme centre un cercle de rayon ρ dans le plan (X, Y) et envisageons le rapport de l'aire de la portion de (D) comprise dans ce cercle à l'aire de ce cercle même. La plus grande limite de ce rapport quand ρ tend vers zéro et (d) vers p [donc l'aire de (d) vers zéro] est au plus égale à *un*. Si l'on appelle point *singulier de seconde espèce* les points pour lesquels cette plus grande limite est *inférieure* à l'unité on peut énoncer la proposition suivante : *Les points singuliers de seconde espèce se transforment en un ensemble de mesure superficielle nulle.*

Ce dernier ensemble est donc à la fois de mesure superficielle nulle et de première catégorie.

On peut encore donner au résultat qui précède une forme qui le rapproche du théorème des nombres dérivés d'une fonction d'une variable de M. Denjoy : Considérons l'ensemble des droites passant par P et par un point quelconque du domaine (D), ensemble qui est fermé. Les points P pour lesquels la mesure angulaire de cet ensemble reste inférieure à une valeur plus petite que 2π, quand (d) tend vers p, forment un ensemble de mesure superficielle nulle.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les conditions nécessaires et suffisantes de la sommabilité de quelques fonctions.* Note [1] de M. **A. Kovanko**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une récente Note [2] nous avons démontré quelques conditions suffisantes pour que

$$s=\int_E F[f(x)]\,dx \quad \text{et} \quad s_1=\sum_1^\infty \Delta F(k) \operatorname{mes} E_k \quad \text{où} \quad E_k=E_k(f\geqq k);$$

$F(u)$ une fonction infiniment croissante $[\Delta F(k)=F(k+1)-F(k)]$ soient conjuguées, c'est-à-dire l'existence d'une de ces quantités entraîne l'existence de l'autre. La condition la plus générale, que nous avons démontrée, était la suivante : $\Delta F(u)<F(u)$ pour $u>a$ (a suffisamment grand). Cette condition peut être écrite sous une forme un peu plus générale

$$(1) \qquad \frac{\Delta F(u)}{F(u)}=\varphi(u)<A,$$

A étant fixe.

Le but de la Note présente est de démontrer que cette condition est aussi nécessaire.

Supposons au contraire, que $\frac{\Delta F(u)}{F(u)}=\varphi(u)$ ne soit pas borné ; donc

$$\lim_{u=\infty} \sup \varphi(u)=+\infty.$$

Nous allons construire une fonction $f(x)$ telle que s sera finie, mais la série s_1 sera divergente. Soit $f(x)=k$ sur E_k. Alors

$$s=\int_E F[f(x)]dx=\sum_1^\infty F(k) \operatorname{mes} E_k;$$

$$s_1=\sum_1^\infty F(k)\,\varphi(k) \operatorname{mes} E_k.$$

Examinons une fonction $\varphi_1(u)$ suivante :

---

(1) Séance du 26 octobre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1899.

1° $\varphi_1(u+1) > \varphi_1(u)$;
2° $\varphi_1(0) = \varphi(0)$;
3° $\sqrt{\varphi_1(k_i)} - \sqrt{\varphi_1(k_i - 1)} \geqq 1$ où $k_i (i = 1, 2, 3, \ldots)$
étant des valeurs entières (en nombre infini) telles que $\varphi_1(k_i) = \varphi(k_i)$.

Il est aisé de voir que la construction de $\varphi_1(u)$ est toujours possible.

Posons

$$\text{mes}\,E_k = \frac{1}{F(k)}\left[\frac{1}{\sqrt{\varphi_1(k-1)}} - \frac{1}{\sqrt{\varphi_1(k)}}\right].$$

Il est clair que $\sum_1^\infty \text{mes}\,E_k$ est fini.

$$s_1 = \sum_1^\infty \frac{F(k)}{F(k)}\left[\frac{1}{\sqrt{\varphi_1(k-1)}} - \frac{1}{\sqrt{\varphi_1(k)}}\right] = \sum_1^\infty \left[\frac{1}{\sqrt{\varphi_1(k-1)}} - \frac{1}{\sqrt{\varphi_1(k)}}\right] = \frac{1}{\sqrt{\varphi_1(0)}};$$

$$s = \sum_{k=1}^\infty \varphi(k)\left[\frac{1}{\sqrt{\varphi_1(k-1)}} - \frac{1}{\sqrt{\varphi_1(k)}}\right] = \sum_{k=1}^\infty \frac{\varphi(k)\left[\sqrt{\varphi_1(k)} - \sqrt{\varphi_1(k-1)}\right]}{\sqrt{\varphi_1(k)\,\varphi_1(k-1)}}$$

$$> \sum_{k=1}^\infty \left[\sqrt{\varphi_1(k)} - \sqrt{\varphi_1(k-1)}\right]\frac{\varphi(k)}{\varphi_1(k)} \geqq \sum_{i=1}^\infty \left[\sqrt{\varphi_1(k_i)} - \sqrt{\varphi_1(k_i - 1)}\right] > \sum_{i=1} 1 + = \infty.$$

Donc s_1 diverge. Notre proposition est démontrée. L'inégalité (1) peut être écrite sous la forme suivante :

$$\frac{F(u+1)}{F(u)} < A + 1.$$

Nous avons donc la proposition suivante :

Théorème. — *Soient* $F(u)$ *une fonction infiniment croissante avec* u; $f(x)$ *une fonction mesurable définie sur l'ensemble* E [*soit* $E_k = E_k(f \geqq k)$]. *La condition nécessaire et suffisante pour que*

$$s = \int_E F[f(x)]\,dx \qquad \text{et} \qquad s_1 = \sum_1^\infty \Delta F(k)\,\text{mes}\,E_k$$

soient conjuguées consiste en ce que la fonction $\frac{F(u+1)}{F(u)}$ *reste bornée (supérieurement).*

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'écoulement par jet.* Note [1] de M. R. **Mazet**, présentée par M. G. Kœnigs.

Soit un liquide qui s'écoule, sous l'action de la pesanteur. par un orifice situé au fond d'un vase dont les parois latérales sont très éloignées. Le mouvement étant supposé parallèle à un plan fixe vertical et symétrique par rapport à Oy (orienté suivant la verticale ascendante), la trace du fond du vase sur ce plan sera représentée par l'horizontale $x'Ox$ et l'orifice par le segment P_1P_2, de longueur $2c$, compris entre les points d'abscisses $\pm c$; la trace de la surface libre supérieure sera figurée par l'horizontale $y = h$, *h étant regardé comme très grand vis-à-vis de c* et indépendant du temps. Sur les surfaces libres règne la pression atmosphérique que l'on peut prendre égale à zéro.

Supposons que les vitesses dérivent d'un potentiel $\varphi(x, y, t)$ harmonique et régulier en tout point intérieur au liquide et *borné au voisinage des bords P_1 et P_2*. On peut étudier le problème de l'écoulement d'une manière approchée en admettant que la fonction $\varphi(x, y, t)$ soit harmonique et régulière en tout point de la région (comprenant le domaine liquide) limitée par la ligne xP_1 — surface libre inférieure — P_2x'. Dans ces conditions, on ne peut plus imposer à la pression d'être rigoureusement nulle en tout point de l'horizontale $y = h$, on ne peut que lui imposer d'être nulle en un point particulier de cette droite, par exemple au point $H(x = 0, y = h)$.

Le potentiel $\varphi(x, y, t)$, dont la dérivée normale $\frac{\partial\varphi}{\partial y} = 0$ sur xP_1 et P_2x', est alors complètement déterminé si l'on exprime que la pression reste nulle sur la surface libre inférieure ou *si l'on connaît la fonction $\varphi(x, 0, t)$ pour $-c \leqq x \leqq +c$*. Dans ce dernier cas, en effet, si x, y est un point du demi-plan supérieur, on peut écrire :

$$(1) \quad \varphi(x, y, t) = \frac{1}{\pi}\int_{-c}^{+c}\left[\frac{\varphi(x', 0, t)}{\sqrt{c^2 - x'^2}} - \frac{\partial\varphi(x', 0, t)}{\partial y}\log\frac{c}{2\sqrt{(x - x')^2 + y^2}}\right]dx',$$

et l'on peut calculer $\frac{\partial\varphi(x, 0, t)}{\partial y}$ en transposant une élégante méthode utilisée par Mlle E. Freda dans un problème d'induction électrostatique [2]; on

---

(1) Séance du 11 octobre 1926.

(2) *Sul problema dell' induzione elettrostatica in un nastro metallico indefinito* (*Nuovo Cimento*, 6e série, 19, 1920, p. 193-213, et 20, 1920, p. 47-50).

trouve ainsi :

$$(2)\quad \frac{\partial\varphi(x,0,t)}{\partial y} = -\frac{1}{2\pi\sqrt{c^2-x^2}} \times \left\{ 2q(t) - \int_{-c}^{+c} \left[x' \frac{\partial\varphi(x',0,t)}{\partial x'} - (c^2-x'^2)\frac{\partial^2\varphi(x',0,t)}{\partial x'^2} \right] \times \log\left(\frac{x-x'}{c}\right)^2 \frac{dx'}{\sqrt{c^2-x'^2}} \right\}.$$

La fonction $q(t) = -\int_{-c}^{+c} \frac{\partial\varphi(x',0,t)}{\partial y}\,dx'$ représente le débit (essentiellement positif) que l'on détermine en intégrant, entre l'instant zéro, où le liquide part du repos, et l'instant t la relation,

$$\frac{\partial\varphi(0,h,t)}{\partial t} + gh = 0$$

constamment vérifiée au point H ; il vient, en tenant compte de l'approximation du début,

$$(3)\quad q(t)\log\frac{h}{c} = \int_{-c}^{+c} \frac{\varphi(x',0,t)}{\sqrt{c^2-x'^2}}\,dx' + \pi g h t.$$

Dans le cas où les données sont telles que $\frac{\partial\varphi(\pm c,0,t)}{\partial y} = 0$, il y a, à l'instant t, *écoulement par jet*. S'il y a jet depuis l'instant zéro, la surface libre inférieure (initialement confondue avec P_1P_2) se raccorde constamment avec les parois de l'orifice. On a immédiatement une condition *nécessaire* de l'écoulement par jet :

$$(4)\quad q(t) = \int_{-c}^{+c} \left[x'\frac{\partial\varphi}{\partial x'} - (c^2-x'^2)\frac{\partial^2\varphi}{\partial x'^2} \right] \log\left(1-\frac{x'}{c}\right)\frac{dx'}{\sqrt{c^2-x'^2}}.$$

En éliminant $q(t)$ entre (3) et (4), on obtient une relation à laquelle doit satisfaire, *dans le cas de l'écoulement par jet et au degré d'approximation indiqué*, la fonction $\varphi(x, 0, t)$:

$$(5)\quad \int_{-c}^{+c} \frac{\varphi(x',0,t)}{\sqrt{c^2-x'^2}}\,dx' + \pi g h t = \log\frac{h}{c}\int_{-c}^{+c} \left[x'\frac{\partial\varphi}{\partial x'} - (c^2-x'^2)\frac{\partial^2\varphi}{\partial x'^2} \right] \log\left(1-\frac{x'}{c}\right)\frac{dx'}{\sqrt{c^2-x'^2}}.$$

Cette condition subsiste encore *si la largeur* $2c$ *de l'orifice varie avec le temps*. Elle est *suffisante* pour entraîner l'écoulement par jet à l'instant t, dans le cas où $\varphi(x, 0, t)$ est une fonction *régulière* (non nulle) de x pour $x = \pm c$.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Limite d'absorption de la série* K *de l'élément de nombre atomique* 75. Note [1] de M. B. **Polland**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Vers la fin de l'année 1925, MM. V. Dolejšek et J. Heyrovský ont publié un travail sur la découverte de l'élément de numéro atomique 75 [2]. On a bien voulu mettre à ma disposition une préparation obtenue par M. B. Gosman sous le contrôle de M. J. Heyrovský à partir de 1^{kg} de $KMnO^4$, dont la solution était précipitée lentement [3] par $Ba(NO^3)^2$. L'analyse spectrale de ce spécimen a prouvé la présence de Mn, Ba, de traces de As, Fe, Pb, et n'a révélé aucune raie de Zn, Co, W, Tl, Hg, tandis que la méthode polarographique indique la présence d'environ 1 pour 100 de l'élément nouveau; dans le spectrogramme de rayons X, M. Dolejšek a constaté les raies $L\alpha_1$, β_1, β_2, γ_1 du corps 75.

C'est avec ce précipité humide et volumineux de couleur brune, que j'ai tenté d'observer la limite d'absorption de la série K de cet élément.

Les mesures ont été pratiquées avec un spectromètre, construit par M. Dolejšek et par l'auteur. C'est en somme un spectromètre d'ionisation avec un cristal de NaCl soigneusement ajusté et tournant de telle sorte, que le rayon réfléchi tombe toujours dans la fente de la chambre d'ionisation, en suivant les déplacements de cette dernière. De plus, il est possible, en tournant mécaniquement le cristal exactement de 180°, de faire les mesures de l'autre côté du zéro.

Cela permet d'employer la méthode de Siegbahn pour mesurer les longueurs d'onde courtes avec précision. Afin de pouvoir constater que le cristal tourne réellement de 180°, le maintien en place du support de cristal se fait magnétiquement, ce qui assure une réfraction complète.

On a augmenté la sensibilité de l'électromètre à feuille en le plaçant directement dans la chambre d'ionisation; sa communication avec l'extérieur ne se faisait qu'au moment de la charge; par là sa capacité a été réduite au minimum. Ce dispositif permet de mesurer de très faibles radiations. Déjà avec 1 milliampère, à une distance de $60\text{-}80^{cm}$ de l'ampoule, on

---

(1) Séance du 26 octobre 1926.

(2) V. Dolejšek and J. Heyrovský, *Nature*, **116**, 1925, p. 782.

(3) V. Dolejšek and J. Heyrovský, *Chemické Listy*, **20**, 1926, p. 4.

peut mesurer la chute de l'électromètre produite par des rayons réfléchis.

En relevant deux courbes dont l'une était obtenue sans interposition de la matière à examiner, on pouvait éliminer les variations accidentelles du secteur urbain.

Le tableau suivant indique les résultats de mesures qui sont les moyennes de quatre valeurs successives.

Courbe I	—0,1733 Å
» II	—0,1740 Å
» III	—0,1726 Å
» V	—0,1740 Å
» VI	—0,1726 Å
» IX	—0,1733 Å
» X	—0,1733 Å

Comme valeur moyenne de la limite d'absorption K pour l'élément 75 on obtient donc 0,1735 Å ± 0,0007 Å.

Pour estimer la concentration et constater le degré de sensibilité du spectromètre employé, nous avons aussi établi la limite d'absorption de l'osmium (numéro atomique = 76). Nous avons employé comme filtre une solution de 1 pour 100 d'acide osmique, dans les mêmes conditions d'expérience. D'après Blake, Duane et Schimizu, la limite d'absorption de l'osmium, en série K, se trouve à 0,1683 Å. Comme moyenne des valeurs mesurées par notre méthode, on obtient 0,1686 Å, c'est-à-dire une valeur complètement concordante avec les résultats obtenus jusqu'à présent en mesurant avec une précision bien connue les limites d'absorption de l'osmium. En comparant toutes les courbes des deux éléments, il semble que la substance examinée contienne une plus grande quantité de l'élément 75 que l'autre ne contient d'osmium; cela ferait environ 2 pour 100, ce qui correspond aux résultats précités.

M. V. Dolejšek a contrôlé toutes les mesures qui accompagnent ce travail.

MAGNÉTISME. — *La structure de l'aimant atomique et les effets mécaniques de l'aimantation*. Note [1] de M. R. **Forrer**, présentée par M. Pierre Weiss.

Dans la conception actuelle de la constitution de la matière, le rapprochement de deux atomes voisins d'un corps solide est limité par la répul-

[1] Séance du 26 octobre 1926.

sion électrostatique des dernières orbites électroniques, qui peuvent être considérées, à cet effet, comme des lignes chargées d'électricité négative. Le volume d'un corps solide est donc déterminé par la grandeur et l'arrangement des orbites superficielles. Un changement dans cet arrangement doit conduire à une variation de volume.

Dans les ferromagnétiques j'ai pu démontrer[1] l'existence de multiplets magnétiques et j'ai montré que les différentes phases de l'aimantation (cycle d'hystérèse) consistent dans la rotation et le renversement du multiplet et dans le rapprochement de ses constituants. Si l'on admet que le moment magnétique d'un constituant est lié à une ou plusieurs orbites, qu'il est par exemple, perpendiculaire au plan d'une orbite, la variation de l'aimantation est accompagnée d'un changement dans l'arrangement des orbites, d'où résulterait une variation de volume causée par l'aimantation, donc une magnétostriction.

On peut déduire du mécanisme particulier des différentes parties de l'aimantation, le signe de la magnétostriction correspondante. Nous avons pu distinguer deux variations réversibles : la rotation du multiplet et le rapprochement de ses constituants. Dans l'état neutre de la substance à cristallisation confuse les moments, et avec eux les orbites correspondantes, sont dirigés dans tous les sens, les directions étant imposées par les positions normales (*loc. cit.*) dans les différents réseaux. Dans les champs intenses les moments constituants du multiplet sont rapprochés dans le sens du champ, les plans des orbites sont donc perpendiculaires à la direction du champ. Les charges négatives faisant défaut dans la direction du champ, la répulsion mutuelle des atomes voisins est diminuée dans cette direction. La substance se contracte dans le sens du champ. Il en résulte *une magnétostriction négative dans les champs intenses*. Elle existe indépendamment de l'espèce du multiplet et, dans une substance à cristallisation confuse, indépendamment de la nature du réseau.

Dans une deuxième espèce de magnétostriction la *nature* du multiplet intervient. Le doublet du nickel est formé de deux orbites à angle droit et les deux points d'intersection des orbites sont les lieux de densité maxima d'électricité négative. La direction donnée par ces deux points est toujours perpendiculaire au moment résultant du multiplet. Une rotation du doublet, s'effectuant dans des champs faibles, placera la direction de plus grande charge électrique perpendiculairement au champ. Il en résulte une *magnétostriction négative par rotation du doublet.*

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1272 et 1530; **183**, 1926, p. 121 et 559.

Dans le triplet du fer, formé de trois orbites à angles droits, il y a six points de grande densité d'électricité, distribués comme les sommets de l'octaèdre. La rotation de ce triplet ne peut avoir qu'un effet insignifiant.

Enfin il doit y avoir une troisième espèce de magnétostriction, causée elle aussi par la rotation des multiplets, mais liée à la disposition particulière des orbites des atomes voisins, c'est-à-dire à la position normale du multiplet dans le réseau. Quand la rotation écarte les orbites les unes des autres, la répulsion électrostatique est diminuée. C'est le cas du nickel, pour les deux positions normales possibles du doublet (*loc. cit.*). Il en résulte dans les champs faibles, où la rotation a lieu, une diminution de volume, *une magnétostriction négative pour le nickel*.

Dans le fer au contraire, la position normale (*loc. cit.*), seule compatible avec la symétrie, est telle qu'une rotation du triplet rapproche les orbites des atomes voisins les unes des autres. La répulsion électrostatique est augmentée, d'où résulte dans les champs faibles *une magnétostriction positive pour le fer*.

En résumé, les effets prévus par la théorie des multiplets dans le nickel sont les suivants : Dans les champs faibles une magnétostriction négative, dérivant de ce que le multiplet du nickel est un doublet, une deuxième négative, en rapport avec la position normale, et dans les champs intenses la magnétostriction négative par le rapprochement des constituants du doublet. Et en effet l'expérience a donné pour le nickel une forte magnétostriction négative dans les champs faibles, qui continue à croître dans les champs forts.

Pour le fer la théorie prévoit une magnétostriction positive dans les champs faibles, et négative dans les champs forts. Et en effet les expériences donnent ce caractère singulier avec changement de signe (point de Villari).

Cette concordance, qui se produit aussi bien pour le nickel que pour le fer, peut être considérée comme confirmation des hypothèses énoncées.

Il est facile d'appliquer ces considérations à des échantillons formés d'un cristal unique. Des prévisions analogues, mais différentes suivant la direction du champ par rapport au réseau, se trouvent vérifiées par les expériences de Webster [1].

Les phénomènes de la variation de l'aimantation par la déformation élastique, phénomène inverse de la magnétostriction, s'expliquent au moyen des mêmes hypothèses. En particulier, la forte variation de l'aimantation

[1] *Proc. Roy. Soc.*, 109, 1925, p. 570.

du nickel par la déformation se trouve expliquée par la déformation de l'espace libre que les atomes voisins laissent à l'atome considéré. Dans cet espace qui n'a plus la symétrie cubique le doublet et avec lui le moment résultant du nickel trouve une orientation privilégiée. Cette action n'existe pas pour le triplet du fer avec sa symétrie cubique. Il en résulte que la déformation a une grande influence sur l'aimantation du nickel et une petite sur l'aimantation du fer, conformément au résultat de l'expérience.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La dispersion rotatoire de l'acide tartrique.* Note (1) de M. **Edmond Vellinger**, transmise par M. J. Perrin.

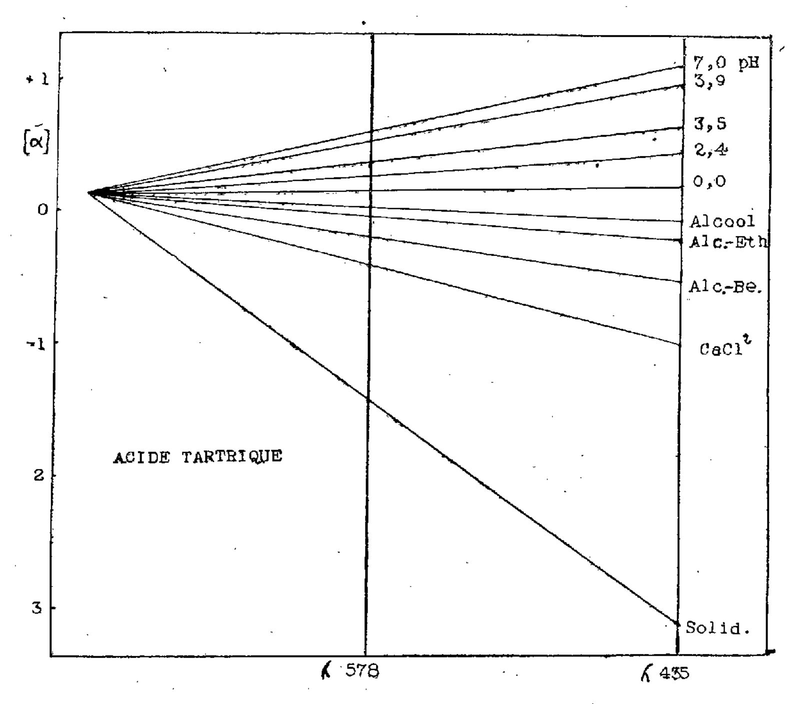
Depuis les travaux classiques de Biot et d'Arndtsen, les divers auteurs ont cherché à expliquer les anomalies de la dispersion rotatoire des solutions d'acide tartrique droit en supposant qu'il existe deux formes moléculaires en équilibre, l'une droite et l'autre gauche, avec une dispersion différente. On supposait arbitrairement pour la forme droite la formule stéréochimique classique; cependant récemment Longchambon a attribué cette formule à la variété gauche. Cette incertitude dans l'interprétation de ce phénomène résulte du fait que les auteurs ont négligé une variable importante qui est la réaction du milieu. En effet le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique subit en fonction du pH des variations caractéristiques (2), calculables à partir des formules classiques de dissociation en supposant qu'il existe dans les solutions trois formes moléculaires qui ont des constantes de rotation différentes (anion divalent, anion monovalent, et molécule indissociée).

L'examen de la dispersion rotatoire en fonction du pH nous a montré que l'élévation progressive du pH des solutions s'accompagne d'une augmentation de la pente des courbes de dispersion, jusqu'à la neutralisation complète de l'acide; cette augmentation de la pente se retrouve lorsqu'on dilue simplement des solutions d'acide tartrique. Par conséquent *la dispersion des solutions d'acide tartrique tend vers celle des tartrates lorsqu'on élève d'une manière quelconque le* pH. L'application du schéma de Darmois montre que les droites qui le composent ont un point unique de conver-

(1) Séance du 6 septembre 1926.

(2) F. Vlès et E. Vellinger, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 742; *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 841; *Arch. phys. biolog.*, 5, 1926, p. 36.

gence. Ce résultat qui semble en contradiction avec le calcul mentionné précédemment s'explique facilement si l'on admet que l'anion divalent et l'anion monovalent, qui ont une rotation ne différant que de 3 pour 100, ont également une dispersion assez voisine pour que l'écart n'ait pas de répercussion appréciable sur le schéma. Si l'on place sur un même schéma de Darmois la dispersion de l'acide tartrique, d'abord en milieu aqueux en fonction du pH, puis en milieu organique ou dans des solutions salines (de Mallemann), et enfin à l'état solide (Longchambon), on remarque qu'il y a pour les diverses droites un point de convergence unique, aux erreurs d'expérience près, quel que soit le milieu et quelle que soit la réaction de ce milieu (voir la figure). La droite la plus haute est celle du tartrate



Les cinq droites supérieures correspondent à des solutions aqueuses d'acide tartrique $\frac{M}{2}$ aux pH indiqués sur la figure. Alcool. Alc.-éth., Alc.-Be., $CaCl^2$: Solutions d'acide tartrique dans l'alcool, dans un mélange alcool-éther, alcool-benzène et dans une solution de $CaCl^2$. Solid. : Valeurs de Longchambon pour l'acide solide cristallin.

en solution aqueuse et la droite la plus basse est celle de l'acide cristallin. L'interprétation de ce résultat peut se formuler de la manière suivante :

Il existe dans les solutions d'acide tartrique droit deux formes fondamentales. L'une droite correspondant à la structure moléculaire du tartrate et

l'autre gauche correspondant à une structure encore indéterminée, qui est celle des molécules dans le cristal d'acide tartrique.

En solution aqueuse il apparaît deux formes nouvelles, l'anion monovalent et la molécule indissociée, qui ont vraisemblablement une structure voisine de celle de l'anion divalent. La dispersion de ces trois formes est identique ou très voisine. Les expériences de Bruhat et Pauthenier (1) semblent indiquer que le constituant gauche existe encore dans les solutions diluées (0,25 pour 100).

Dans son travail sur la dispersion rotatoire de l'acide tartrique cristallin, Longchambon (2) admet que la forme gauche correspond à l'acide tartrique « ordinaire ». La dispersion normale de l'acide solide qu'il a observé est celle d'un corps pur, mais il est impossible d'en déduire la structure de ce corps pur. La formule classique que Longchambon attribue au constituant gauche a été établie par les chimistes en préparant des tartrates : par conséquent cette formule ne correspond pas à l'acide tartrique, mais aux tartrates. On sait que l'acide tartrique, dissous dans des solvants organiques (mélanges alcool-éther, alcool-benzène), a en général une forte rotation gauche. Il faut remarquer que les solvants abaissant le plus énergiquement la dissociation électrolytique produisent également la plus forte rotation gauche, rotation qui se rapproche ainsi de celle de l'acide solide cristallisé. D'après ces données on peut difficilement attribuer au constituant gauche la formule stéréochimique ordinaire. La différence considérable des propriétés optiques des deux sortes de molécules nous oblige à admettre pour le constituant gauche des modifications moléculaires très profondes qu'il est encore impossible de préciser.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydratation catalytique des alcools α éthyléniques.* Note (3) de M. **Charles Prévost** présentée par M. Charles Moureu.

Dans une précédente Communication (4) j'ai exposé les résultats de la déshydratation catalytique des vinylalcoylcarbinols; j'en rappelle brièvement la partie essentielle.

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1024.
(2) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 951.
(3) Séance du 26 octobre 1926.
(4) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 853.

a. Alcool :

$$CH^2 = CH - CHOH - CH^3.$$

J'ai obtenu de l'érythrène assez pur et des produits de condensation non étudiés.

b. Alcool :

$$CH^2 = CH - CHOH - CH^2 - CH^3.$$

La déshydratation donne avec un rendement de 60 à 70 pour 100 un mélange d'hydrocarbures C^5H^8 constitué presque en totalité par le 1-méthylérythrène, contenant cependant des traces des deux carbures

$$CH^2 = C = CH - CH^2 - CH^3 \quad \text{et} \quad CH^3 - C \equiv C - CH^2 - CH^3.$$

Des produits bouillant plus haut j'ai isolé : du vinyléthylcarbinol non deshydraté (éb. 112-114°) et très probablement l'isomère

$$CH^3 - CH = CH - CHOH - CH^3 \quad (\text{éb. } 117\text{-}119°),$$

et l'alcool primaire $CH^2OH - CH = CH - CH^2CH^3$ (éb. 139°), puis venaient des produits de condensation difficiles à séparer.

c. Alcools :

$$CH^2 = CH - CHOH - C^3H^7 \quad \text{et} \quad CH^2 = CH - CHOH - C^4H^9.$$

Résultats tout à fait analogues aux précédents, mais ici à côté des érythréniques attendus leurs isomères imprévus

$$CH^3 - CH = CH - CH = CH - CH^3 \quad \text{et} \quad CH^3 - CH = CH - CH = CH - C^2H^5,$$

et ceux-ci en quantité prépondérante.

En vue d'élucider cette curieuse isomérisation, j'ai entrepris la déshydratation catalytique du propényléthylcarbinol

$$CH^3 - CH = CH - CHOH - CH^2 - CH^3.$$

Ici le rendement en carbures C^6H^{10} atteint 86 pour 100 après un seul passage sur le catalyseur et comme on récupère 13 pour 100 environ d'alcool inaltéré il est pratiquement quantitatif. Les produits de condensation sont en quantité trop faible pour être utilement étudiés.

Le mélange des carbures C^6H^{10} contient des traces d'alléniques ou acétyléniques substitués (probablement les uns et les autres), mais il est constitué presque exclusivement par les érythréniques attendus : mélanges d'isomères cis et trans de formule plane

$$CH^3 - CH = CH - CH = CH - CH^3 \quad (\text{Éb. } 76°\text{-}81°),$$

ce qui le rend propre à des synthèses que la complexité des mélanges obtenus par déshydratation des vinylalcoylcarbinols élevés interdisait. Toutefois la portion de ce carbure bouillant le plus bas (72°-76°) contient un peu de 1-éthylérythrène

$$C^2H^5 - CH = CH - CH = CH^2 \quad \text{(Éb. 72°-74°)}.$$

Ainsi l'isomérisation du carbure érythrénique attendu n'est pas particulière aux vinylalcoylcarbinols. Elle se fait en sens inverse dans le cas des propénylalcoylcarbinols. Toutefois si elle était prépondérante pour les premiers alcools, ici elle est très faible. Une plus grande stabilité des érythrènes 1.4. disubstitués peut expliquer cette différence quantitative; qualitativement les phénomènes sont analogues et la théorie ci-dessous en rend compte ainsi que de la présence des sous-produits de la réaction.

Il y aurait d'abord perte d'eau de deux manières :

$$R - CH = CH - CHOH - CH^2 - R'$$

donnerait à la fois

$$R - CH = C = CH - CH^2R'$$

et

$$R - CH = CH - CH = CH - R',$$

le second carbure prédominant de beaucoup.

La chaleur isomériserait partiellement le premier en acétylénique substitué auquel je ne vois pas d'autre origine.

Quant à l'érythrénique, on le retrouverait en partie inaltéré à la sortie du tube; l'autre partie, sous l'action réversible du catalyseur fixerait les éléments de l'eau H et OH comme le veut la théorie de Thiele, formant les deux alcools α éthyléniques

$$R - CHOH - CH = CH - CH^2 - R'$$

et

$$R - CH^2 - CH = CH - CHOH - R'.$$

Ceux-ci se retrouveraient partiellement à la sortie du tube avec l'alcool primitif inaltéré, et, partiellement suivraient le même cycle de déshydratations et d'hydratations que le reste de cet alcool.

Une simple isomérisation, par transposition moléculaire et sans passer par des composés stables intermédiaires, du carbure érythrénique primitivement formé, ne me semble pas admissible; une telle transposition aurait lieu vraisemblablement dans un seul sens. Toutefois une expérience entreprise en vue d'hydrater catalytiquement le méthylérythrène en alcools α éthyléniques a donné des résultats trop faiblement positifs pour être absolument concluants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches stéréochimiques dans la série de la benzalacétophénone. Isomérie éthylénique et polymorphisme.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Alfred Gillet**, présentée par M. Charles Moureu.

Le polymorphisme peut être une cause de difficultés dans la recherche de nouveaux isomères : les diverses formes d'un même corps ayant chacune des caractères distincts bien tranchés (constantes cristallographiques, point de fusion, solubilités, etc.), tout comme s'il s'agissait d'autant de corps différents, peuvent en effet être prises pour autant d'isomères.

En général il est vrai, seule une de ces formes est stable et l'extrême instabilité des autres suffit à mettre en garde contre une telle confusion entre le polymorphisme et l'isomérie. Mais, si une seconde forme se trouve être stable elle aussi, la distinction devient fort délicate.

Réciproquement le risque de confusion entre l'isomérie et le polymorphisme n'est pas imaginaire lui non plus. Tel est le cas des isoméries très labiles : si la transformation d'un corps instable en son isomère stable se produit trop facilement, l'instabilité du premier risque de le faire prendre simplement pour une nouvelle forme cristalline du second.

Ainsi donc, étant donnés des corps B, C, D, ... tous aisément transformables en un même corps A, il pourra arriver que l'on soit fort embarrassé pour décider si B, C, D, ... sont indiscutablement des formes cristallines diverses de A ou, au contraire, des isomères labiles du même corps A.

En fait, on rencontre dans la bibliographie des cas où les auteurs se sont heurtés à une pareille incertitude, et, d'autre part, certaines isoméries précédemment décrites pourraient être utilement, de ce point de vue, remises en discussion.

A notre tour nous avons rencontré des difficultés de ce genre au cours des recherches systématiques d'isomères éthyléniques que nous avons effectuées chez les corps de formule $C^6H^5-CO-CH=C(OR)-C^6H^5$ ainsi que chez leurs dérivés bromés $C^6H^5-CO-CBr=C(OR)-C^6H^5$.

Les corps de ces deux séries ont en effet, ainsi que nous l'avons observé, une grande tendance à prendre plusieurs formes cristallines, parmi lesquelles certaines étaient assez stables pour entraîner quelque risque de confusion avec des formes isomériques. Nous avons également eu un cas

(1) Séance du 26 octobre 1926.

d'isomérie très labile qui a demandé quelque attention pour être déterminé.

Les divers cas ont été tranchés par l'étude de l'amorçage des solutions sursaturées préparées à froid.

Voici nos principaux résultats :

I. *Nouveaux couples d'isomères éthyléniques.* — 1° β-méthoxybenzalacétophénone $C^6H^5-CO-CH=C(OCH^3)-C^6H^5$; l'un des deux isomères (fus. 66°) avait été isolé précédemment par Dufraisse et Gérald : nous lui donnons le nom d'isomère B. Nous venons de préparer le second isomère, l'isomère A : c'est un corps *très instable* dans certaines conditions, cristallisé en aiguilles incolores (fus. 81°).

2° $C^6H^5-CO-CBr=C(OCH^3)-C^6H^5$, α-bromo-β-méthoxybenzalacétophénone. L'isomère B (fus. 72°) a été précédemment décrit par nous (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 948). L'isomère A vient d'être obtenu, lui aussi, ce sont des prismes légèrement teintés en jaune (fus. 102°).

La transmutation réciproque d'un isomère en l'autre a été réalisée pour chacun des deux couples sous l'influence des agents physiques et des réactifs chimiques.

II. *Formes multiples.* — Les composés suivants ont été obtenus sous plusieurs formes cristallines distinctes.

La β-méthoxybenzalacétophénone, isomère A (instable) a été obtenue sous deux formes : $A\alpha$ (fus. 78°) et A_β (fus. 81°) (voir ci-dessus).

Ainsi à la formule $C^6H^5-CO-CH=C(OCH^3)-C^6H^5$ correspondent actuellement trois corps $A\alpha$, $A\beta$, et B, A et B étant stéréoisomères.

La β-éthoxybenzalacétophénone a été obtenue sous deux formes, relativement *stables* l'une et l'autre et pouvant se former et se développer côte à côte dans la même liqueur mère : forme α (fus. 75°) et forme β (fus. 78°).

Le dibenzoylméthane $C^6H^5-CO-CH^2-CO-C^6H^5$, qui doit être rationnellement rangé à côté des corps précédents, puisque le corps connu sous ce nom est en réalité (Wislicenus, K. Meyer) la β-oxybenzalacétophénone $C^6H^5-CO-CH=COH-C^6H^5$, a été obtenu lui aussi sous une forme que nous désignons par α, différente de celle que l'on connaît bien et caractérisée par des aiguilles fines très instables, fondant à 71°. Même maintenu dans le bain chaud après la fusion, le corps se reprend en masse cristalline pour subir une deuxième fusion à 78°, point de fusion de l'ancienne forme, prismes massifs, que nous désignons par β.

La benzalacétophénone elle-même, le type des deux séries, a été observée sous plusieurs formes, mais, en raison de l'extrême labilité de ces formes, nous n'avons pu en caractériser qu'une par le point de fusion : ce sont des aiguilles fondant à 57°, tandis que l'ancienne forme fond à 59°.

Rappelons, d'autre part, que nous avons décrit précédemment (*loc. cit.*), trois formes de l'α-bromo-β-éthoxybenzalacétophénone et deux du corps méthoxylé correspondant.

III. *Particularités.* — Il ressort de nos nombreux essais qu'au point de vue de l'obtention des couples d'isomères éthyléniques il y a de grandes différences entre les dérivés méthoxylés et leurs homologues éthoxylés.

A ce point de vue, le groupement CH^3-O- se rapproche beaucoup plus de $Br-$ que de son homologue C^2H^5-O- : nous avons même signalé dans notre Note précédente que cette analogie pouvait aller jusqu'à entraîner l'isomorphisme des deux dérivés correspondants. D'après ces observations, la nature chimique des groupements fixés sur les carbones éthyléniques $=C=C=$ ne paraît pas être le facteur principal réglant les conditions de formation des isomères : la masse de ces groupements, et leur encombrement spacial doivent souvent jouer un rôle primordial.

A signaler également une curieuse transformation. Si l'on expose à la lumière solaire des cristaux de l'α-bromo-β-méthoxybenzalacétophénone, isomère B, baignant dans leur liqueur mère, on constate l'apparition de l'isomère A, transmutation qui se poursuit jusqu'à la disparition des cristaux de B; mais, et c'est là le fait étrange, si l'on continue l'insolation on voit A disparaître à son tour pour faire place à B que l'on retrouve à la fin, comme si aucune transformation ne s'était produite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de synthèse de carbures tétrahydronaphtaléniques et naphtaléniques.* Note (1) de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Moureu.

J'ai donné autrefois une méthode générale de synthèse des carbures aromatiques, qui m'a permis de préparer, en collaboration avec M. H. Rost, un certain nombre de carbures homologues de la naphtaline (2).

A cette époque ces carbures paraissaient présenter peu d'intérêt, car on pensait généralement que le noyau de la naphtaline ne se trouvait pas dans les produits naturels.

Aujourd'hui il en est tout autrement; les travaux de M. Ruzieka et ses collaborateurs, ont montré qu'un grand nombre de sesquiterpènes étaient

(1) Séance du 18 octobre 1926.
(2) *Comptes rendus*, **139**, 1904, p. 868 et **146**, 1908, p. 933.

des dérivés hydronaphtaléniques [1], et l'on sait d'autre part que la juglone, la matière colorante du henné, la santonine, sont également des dérivés de la naphtaline.

Le noyau de la naphtaline joue donc un grand rôle dans les produits du règne végétal, et cette considération m'a amené à reprendre la synthèse des homologues de la naphtaline.

La première méthode, publiée en collaboration avec M. Rost, repose sur la réduction catalytique du groupe CO en CH^2 des acylnaphtalines faciles à préparer. Malgré sa généralité, elle exclut la synthèse directe des méthylnaphtalines ou des isopropylnaphtalines.

La nouvelle méthode que je publie aujourd'hui n'est pas soumise à cette restriction, et possède par suite une généralité beaucoup plus élevée.

Elle repose sur une cyclisation très particulière de l'acide benzylallylacétique, représentée par la formule suivante :

CH^2 — CH — CO^2H, H, CH^2, CH = CH^2 → CH^2 — CH — CO^2H, CH^2, CH — CH^3

cyclisation qui a lieu sous l'action de l'acide sulfurique concentré, et qui donne un acide tétrahydrométhylnaphtaline carbonique facile à déshydrogéner, puis à décarboxyler en méthylnaphtaline.

Pour réaliser cette réaction, on mélange l'acide benzylallylacétique finement pulvérisé, avec deux fois et demie son poids d'acide sulfurique à 78 pour 100 de H^2SO^4 (à 60° Baumé); la température ne tarde pas à s'élever pour monter jusqu'à 45° qu'il convient de ne pas dépasser, puis la masse devient homogène, et se prend en masse par refroidissement. Au bout de cinq jours de contact à froid, on reprend le produit par l'eau, et l'on ajoute une solution de carbonate de soude à 12 pour 100, jusqu'à réaction franchement alcaline, de manière à neutraliser l'acide sulfurique, et à dissoudre l'acide tétrahydronaphtalène carbonique à l'état de sel de soude. Cette solution est épuisée à l'éther qui enlève un produit neutre dont je poursuis l'étude.

La solution ainsi purifiée est ensuite traitée par un excès d'acide chlorhydrique qui précipite l'acide hydrométhylnaphtalène carbonique que l'onpurifie par cristallisation dans l'acide acétique à 80 pour 100. C'est une poudre cristalline blanche, fondant à 121°, pouvant distiller sans décomposition vers 203-204°, sous 20^{mm} de vide (rende-

(1) *Helvetica Chimica Acta*, 4, 1921, p. 505; 5, 1922, p. 315.

ment : 50 pour 100 du poids de l'acide éthylénique traité), et dont l'éther méthylique est un liquide incolore distillant à 170°, sous 15mm.

L'acide tétrahydrométhylnaphtalène carbonique se deshydrogène le plus facilement par l'action du soufre, méthode préconisée d'abord par Vesterberg pour deshydrogéner l'acide abiétique en retène (1) et appliquée ensuite avec succès par MM. Ruzieka et J. Meyer, aux sesquiterpènes (2).

Pour réaliser cette réaction, on chauffe au bain d'huile et dans le vide, un mélange intime de 19g d'acide (0mol,1) avec 6g,5 de soufre. La réaction a lieu vers 195-200°, et dure 6 heures environ. La masse est ensuite dissoute dans une solution de carbonate de soude qui est épuisée à l'éther pour enlever les impuretés, puis reprécipitée dans un acide minéral dilué.

L'acide méthylnaphtalénique est enfin purifié par cristallisation dans l'acide acétique.

L'acide naphtaléne-1-méthyl-3-carbonique ainsi préparé est une poudre cristalline blanche, fondant vers 198-199°, dont l'éther méthylique distille à 188° sous 15mm, et cristallise en une masse blanche fondant à 39°.

Son sel de chaux, mélangé avec un excès de chaux et distillé dans le vide, se décompose en donnant l'α-méthylnaphtaline, caractérisé par un picrate jaune orange fondant à 141°, identique au picrate de l'α-méthylnaphtaline pure, préparée par les procédés classiques.

Comme il est facile de préparer des homologues de l'acide benzylallylacétique en traitant successivement l'éther malonique sodé par le bromure d'allyle et les homologues du chlorure de benzyle ou les éthers bromhydriques des arylalcoylcarbinols et en décomposant les acides maloniques correspondants, on conçoit que cette méthode de synthèse soit très générale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérie stéréochimique des ortho-cyclohexanediols et sur la structure de l'oxyde de cyclohexène.* Note (3) de M. **Pierre Bedos**, présentée par M. Charles Moureu.

Depuis les travaux de Brunel (4) l'existence des deux ortho-cyclohexanediols est nettement démontrée; en effet ce chimiste a pu différencier le glycol

(1) *Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft*, **36**, 1903, p. 4200.
(2) *Helvetica Chemica Acta*, **4**, 1921, p. 505.
(3) Séance du 26 octobre 1926.
(4) Brunel, *Thèse de Doctorat*, Paris 1905, p. 50 et 85.

de Markownikoff fusible à 99-100° (dibenzoate F. 71°,5), obtenu par action du permanganate de potasse sur le cyclohexène et le glycol fusible à 104° (dibenzoate F. 93°,5), préparé par lui-même par hydratation de l'oxyde de cyclohexène. Brunel avait attribué au glycol fusible à 104° la structure d'un isomère cis, à cause de son mode d'obtention : il paraissait assez naturel d'admettre que les deux liaisons unissant l'atome d'oxygène de la fonction oxyde d'éthylène étaient situées d'un même côté du plan du noyau et que cette orientation se conservait pendant l'ouverture du cycle triatomique.

En 1922, Bœseken et ses élèves semblent avoir démontré que le glycol de Brunel (F. 104°) doit être considéré comme étant le glycol trans. Entre autres preuves de cette assertion, les chimistes hollandais indiquent avoir réussi à dédoubler en ses antipodes optiques le glycol de Brunel ([1]), par l'intermédiaire du sel de strychnine de son éther disulfurique. Ce fait parait être un argument très probant.

Cependant, comme l'a fait remarquer M. Godchot ([2]), un léger doute pouvait encore exister; on pouvait se demander si l'un des divers traitements, et en particulier l'action de l'acide sulfurique concentré, à 0°, sur le glycol fusible à 104°, n'avait pas inversé celui-ci en son isomère. Nous avons tenu à lever ce doute en régénérant le glycol après les divers traitements. Nous nous sommes attaché à reproduire les expériences des savants hollandais en nous plaçant exactement dans les mêmes conditions pour tous les traitements : 1° éthérification; 2° formation du sel de baryum; 3° hydrolyse du diéther sulfurique.

Pour cette expérience, 16^g,3 de glycol ont été mis en œuvre; après les divers traitements, nous avons retrouvé 12^g,3 de glycol brut séché dans le vide sulfurique. La totalité de ce produit brut a été transformée en dibenzoate par action à froid du chlorure de benzoyle en présence de pyridine : nous avons ainsi obtenu 20^g,5 (théorie 34^g) de dibenzoate fusible à 92-93°; nous n'avons pas pu caractériser la moindre quantité de dibenzoate fusible à 71° correspondant au glycol isomère.

Il semble donc qu'aucun doute ne subsiste sur les conclusions des savants hollandais et qu'on doit considérer le glycol de Brunel comme étant le glycol dédoublable, et, par suite, d'après la théorie, comme étant le glycol trans.

Remarquons d'ailleurs que, si l'on considère la représentation tétraé-

---

([1]) Derx, *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, 41, 1922, p. 334

([2]) Godchot, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 448.

drique, il paraît tout à fait normal que la rupture de la double liaison du cyclohexène à l'aide du permanganate de potasse conduise au glycol isomère.

Les résultats des savants hollandais sont donc en désaccord avec l'idée que l'on se fait couramment de la structure de l'oxyde de cyclohexène, et l'on est par suite tenté d'admettre avec eux une inversion dans l'action de l'eau sur l'oxyde de cyclohexène.

Nous nous sommes proposé de rechercher jusqu'à quel point on a le droit d'admettre une telle inversion, et, dans ce but, nous avons cherché à préparer l'un ou l'autre des deux glycols (ou leurs dérivés) par des voies aussi variées que possible, mais en partant toujours de l'oxyde de cyclohexène, de manière à voir si la nature du glycol obtenu varie avec le réactif employé ou si elle en est indépendante.

Les résultats de nos recherches peuvent être ainsi résumés.

1° L'action de l'anhydride benzoïque sur l'oxyde de cyclohexène (24 heures vers 160°, en vase clos) fournit le dibenzoate (F. 92°-93°) correspondant au glycol (F. 104°),

2° L'action de l'acide benzoïque (24 heures vers 150°, en vase clos) conduit à un monobenzoate qui, traité à froid par le chlorure de benzoyle en présence de pyridine, fournit le même dibenzoate (F. 92°-93°).

3° L'action de l'alcool méthylique absolu (24 heures vers 150°, en vase clos) fournit le méthoxy-2-cyclohexanol correspondant au glycol fusible à 104° [transformation en glycol par action de l'acide iodhydrique et caractérisation par le dibenzoate (F. 92°-93°)].

4° L'action du méthylate de sodium en solution dans l'alcool méthylique absolu (1 heure à la température d'ébullition du solvant) conduit au même méthoxy-2-cyclohexanol (même caractérisation).

5° L'action de l'iodure de méthyle fournit l'iodo-1-méthoxy-2-cyclohexane (¹) correspondant au glycol F. 104° (transformation en méthoxy-2-cyclohexanol par Ag — OH, retour au glycol par action de l'acide iodhydrique et caractérisation de ce dernier par le dibenzoate F. 92°-93°).

En comptant l'obtention du glycol F. 104° par hydratation de l'oxyde de cyclohexène, voilà donc six réactions mettant en œuvre l'oxyde de cyclohexène et conduisant toutes au glycol F. 104° ou à des dérivées de ce glycol. Il semble bien qu'on soit en droit d'admettre que l'orientation des diverses valences des deux atomes de carbone intéressés est la même dans l'oxyde de cyclohexène et dans le glycol fusible à 104°.

On peut par suite supposer avec quelque vraisemblance que, dans

(¹) Bedos, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 562.

l'oxyde de cyclohexène, les deux atomes d'hydrogène unis aux deux atomes de carbone sur lesquels est greffé l'oxygène oxydique sont répartis de part et d'autre du plan de la molécule, présentant ainsi la disposition trans, et que l'atome d'oxygène est contenu dans ce plan.

Ces recherches seront poursuivies.

MINÉRALOGIE. — *Influence des impuretés sur la température de transformation paramorphique de la cristobalite.* Note [1] de M. **R. Weil**, présentée par M. Pierre Termier.

I. *Action de l'acide sulfurique concentré.* — Les cristobalites naturelles à basse température de transformation (San Cristobal, Tehama County) sont très sensibles à cet agent, au-dessus de 100°. L'expérience se fait facilement entre 200-350°, à l'air ou en tube scellé; elle peut même s'observer directement sous le microscope. Au bout de quelques heures, on aperçoit déjà une élévation certaine de la température de transformation. Après une cinquantaine d'heures, l'élévation moyenne peut être de 40°. L'ordre d'extinction des plages d'avant le traitement est à peu près conservé; il est parfaitement stable et peut être dessiné comme auparavant. H^2SO^4 agit vraisemblablement par la dissolution des substances étrangères qui abaissent la température de transformation de ces cristobalites. C'est le seul corps que nous ayons trouvé agissant dans ces conditions; les autres acides HCl, HNO^3 bouillants sont sans action, ainsi que le chauffage à sec à 300°. Ce traitement à H^2SO^4 ne donne pas de résultats avec les cristobalites à températures de transformation élevées, ni d'ailleurs avec certaines cristobalites à bas point de transformation, celle de Chaudefour, par exemple. Elle est également peu nette avec les cristobalites artificielles de bas point de transformation. Ces variations d'action peuvent être attribuées à la différence de porosité ou à la présence d'impuretés sur lesquelles H^2SO^4 n'agit pas.

II. *Influence des impuretés des différentes variétés de silice.* — Une expérience très frappante consiste à chauffer du quartz ordinaire dans un creuset de silice *transparente* du commerce à 1300°. Le quartz ne donne à cette température que très peu de cristobalite, tandis que le creuset s'en recouvre rapidement et inégalement. Au microscope, on voit que la cristobalite, accompagnée de tridymite, s'est formée en fuseaux arrondis entourés

(1) Séance du 26 octobre 1926.

d'une zone d'indice différent de celui de la cristobalite et de celui du verre, ce qui montre qu'il y a eu des différences dans la composition et la viscosité de la masse (on sait qu'industriellement, pour augmenter la fluidité de la silice fondue, on y ajoute des alcalis). Tandis que la transformation de la cristobalite du quartz se fait de 230° à 260°, celle du creuset se transforme de 175° à 210°. On peut donc obtenir, à une même température, des cristobalites de températures de transformation très différentes, argument décisif contre la théorie de l'allotropie de Smits.

III. *Action des vapeurs alcalines.* — On peut, sous l'influence des vapeurs de divers composés alcalins, abaisser d'une vingtaine de degrés les températures de transformation de cristobalites à point de transformation élevé (220°-260°, cristobalite de quartz pur ou de briques de silice). La cristobalite, en lames de $\frac{1}{10}$ de millimètre d'épaisseur, placées dans une corbeille de fils de platine, est chauffée à des températures comprises entre 700° et 1100° au moyen d'un brûleur dans la flamme duquel on introduit les alcalis : NaOH, KOH, LiOH, NaCL, KCL, Na^2CO^3, K^2CO^3; les composés moins volatils réagissent plus énergiquement à haute température que ceux plus volatils. Leur action est généralement rapide; un quart d'heure suffit parfois, mais on est limité par la prompte attaque des lames. La chaleur seule, à ces températures, n'agit en rien sur le point de transformation. Il ne s'agit pas non plus d'une recristallisation de la cristobalite, mais uniquement d'une absorption par celle-ci des alcalis. On comprend donc très bien qu'au moment de sa formation, la cristobalite retienne énergiquement des matières étrangères qui modifient cryoscopiquement son point de transformation.

Nous avons fait remarquer dans une précédente Communication [1] que les cristobalites préparées au-dessus de 1400° ne se transforment jamais avant 220°. De même les cristobalites naturelles ou artificielles à bas point de transformation, chauffées au-dessus de 1400°, voient leur point s'élever notablement. Pour les cristobalites naturelles il devient tout à fait du même ordre qu'après le traitement à l'acide sulfurique; pour les artificielles il peut s'élever jusqu'à 230°-260°. On peut ensuite rabaisser, dans une certaine mesure, ce point par action de vapeurs alcalines et l'élever après à nouveau, au moins partiellement, sous l'influence de H^2SO^4. Ainsi une lame de San Cristobal, qui n'avait pas varié lorsqu'elle avait été chauffée jusqu'à 1300°, s'est éteinte de 215° à 240° après un chauffage de 5 heures

(1) R. Weil, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1166.

à 1400°. Après chauffage de 2 heures à 900° en présence de vapeur de KOH, elle se transformait de 195° à 215° (elle était très attaquée). H^2SO^4 a ramené la température de transformation dans une partie de la lame à 227°-234°.

Il semble donc sûr que les bas points de transformation, de 170° à 220°, sont dus à la présence d'éléments volatils et plus spécialement des alcalis. La cristobalite artificielle étant généralement obtenue à haute température, les points de transformation inférieurs à 220° ne s'observent généralement pas.

Quant aux variations de la température de transformation entre 220° et 260°, elles paraissent attribuables aux impuretés non volatiles, Fe, Ca, Mg, comme le confirme l'examen de la cristobalite de la zone grise des briques de silice.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la thermodynamique des surfaces de discontinuité atmosphériques*. Note (¹) de M. L. **Petitjean**, présentée par M. Bigourdan.

Le déplacement d'une surface de discontinuité est fonction de la variation de pente des surfaces isentropiques ou surfaces d'égale température potentielle (²).

Suivant la position des sources d'air chaud C et d'air froid F, le mouvement des masses d'air, pour un observateur lié à une discontinuité, s'effectue différemment : si le niveau de C est inférieur à celui de F, il y a glissement de l'air chaud vers le haut et de l'air froid vers le bas ; si, au contraire, le niveau de C est supérieur à celui de F, il y a glissement de l'air chaud vers le bas et de l'air froid vers le haut. Le premier cas se rencontre dans les fronts chauds et dans les fronts froids tandis que le second se rapporte aux surfaces d'affaissement (³).

Soit une masse d'air unité dont la température potentielle varie de $\frac{d\theta}{dt}$ par unité de temps. Si $\frac{dQ}{dt}$ est la quantité d'énergie calorifique échangée par unité de temps avec l'extérieur, T et θ la température vraie et la température

(¹) Séance du 18 octobre 1926.

(²) V. L. Petitjean, *Nouvelles recherches sur le déplacement des discontinuités* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 794).

(³) V. A. Stüve, *Arbeiten der preuss. aeron. Observ. Lindenberg*, 14, 1922, p. 104.

potentielle dans l'échelle thermodynamique, on a la relation suivante entre $\frac{dQ}{dt}$ et $\frac{d\theta}{dt}$:

$$\frac{dQ}{dt} = C\frac{T}{\theta}\frac{d\theta}{dt}$$

(C, chaleur spécifique de l'air à pression constante). Comme le quotient $\frac{T}{\theta}$ s'écarte très peu de l'unité le long d'une surface de discontinuité ([1]), on peut pratiquement admettre la proportionnalité entre $\frac{dQ}{dt}$ et $\frac{d\theta}{dt}$.

Dans un mouvement stationnaire, les surfaces isentropiques et les trajectoires des masses d'air sont disposées parallèlement à la surface de discontinuité S ; on a donc : $\frac{d\theta}{dt} = 0$ et $\frac{dQ}{dt} = 0$, ce qui signifie qu'il n'y a aucun échange d'énergie avec l'extérieur ou, en d'autres termes, que le mouvement s'effectue adiabatiquement. Si les sources C et F se rapprochent ou s'éloignent de S dans leur plan de niveau, la pente des surfaces isentropiques varie. Comme le déplacement des masses d'air, pour l'observateur lié à S, ne cesse d'être parallèle à cette surface, il en résulte que $\frac{d\theta}{dt}$ et $\frac{dQ}{dt}$ diffèrent de zéro et sont d'autant plus grands en valeur absolue que la variation de pente des surfaces isentropiques est plus grande.

Admettons que les masses d'air qui s'écoulent à travers une même surface, pendant l'unité de temps, parallèlement à S et dans des sens opposés soient égales entre elles (ce qui revient à négliger leurs différences de densité). Il en résulte que, si une source se rapproche ou s'éloigne plus vite de S que l'autre source, la variation de pente des surfaces isentropiques étant plus forte d'un des côtés de S que de l'autre, pour l'ensemble des masses en mouvement, la quantité d'énergie échangée avec l'extérieur est différente de zéro.

Les cas les plus intéressants sont les suivants :

1° La source chaude est située à un niveau inférieur à celui de la source froide et se rapproche plus vite de S que celle-ci. L'augmentation des températures potentielles étant plus rapide du côté chaud que leur diminution du côté froid, l'ensemble des masses d'air limitées par la discontinuité

([1]) Si l'on a, par exemple, à l'altitude de 3000^{m}, $T = 273°$ et $\theta = 303°$, $\frac{T}{\theta}$ est égal à 0,9.

reçoit de l'énergie de l'extérieur sous la forme calorifique et travaille contre les forces extérieures, en particulier contre les forces de gravitation, d'où augmentation de l'énergie potentielle. Ce cas est celui d'un front chaud fonctionnant comme moteur thermique.

2° La source chaude est située à un niveau inférieur à celui de la source froide et se rapproche moins vite de S que celle-ci. Dans ce cas, l'ensemble des masses d'air séparées par la discontinuité restitue de l'énergie calorifique à l'extérieur puisque le gain réalisé du côté chaud est inférieur à la perte subie du côté froid. Le bilan se traduit par un travail des forces extérieures et, en particulier, des forces de gravitation, d'où augmentation de l'énergie cinétique. Ce cas est celui d'un front froid fonctionnant comme une machine frigorifique.

3° La source chaude est située à un niveau supérieur à celui de la source froide et s'éloigne plus vite de S que celle-ci. La diminution des températures potentielles étant plus rapide du côté chaud que leur augmentation du côté froid, l'ensemble des masses d'air restitue de l'énergie calorifique à l'extérieur. Il y a donc augmentation de l'énergie cinétique, les forces de gravitation exécutant un travail positif. Ce cas se rencontre dans les surfaces d'affaissement dites « actives » pour lesquelles l'air chaud des couches élevées progresse plus rapidement que l'air froid des couches inférieures et descend par l'effet de son propre poids au devant de la masse froide.

4° La source chaude est située à un niveau supérieur à celui de la source froide et s'éloigne moins vite de S que celle-ci. Dans ce cas, l'ensemble des masses d'air reçoit de l'énergie calorifique de l'extérieur et travaille en particulier contre les forces de gravitation, d'où augmentation de l'énergie potentielle. On rencontre ce cas dans les surfaces d'affaissement dites passives pour lesquelles l'air chaud des couches supérieures progresse moins rapidement que l'air froid des couches basses qui s'élève devant lui.

BOTANIQUE. — *Sur une variation de tabulation chez certains péridiniens d'eau douce.* Note [1] de M. **Marcel Lefèvre**, présentée par M. L. Mangin.

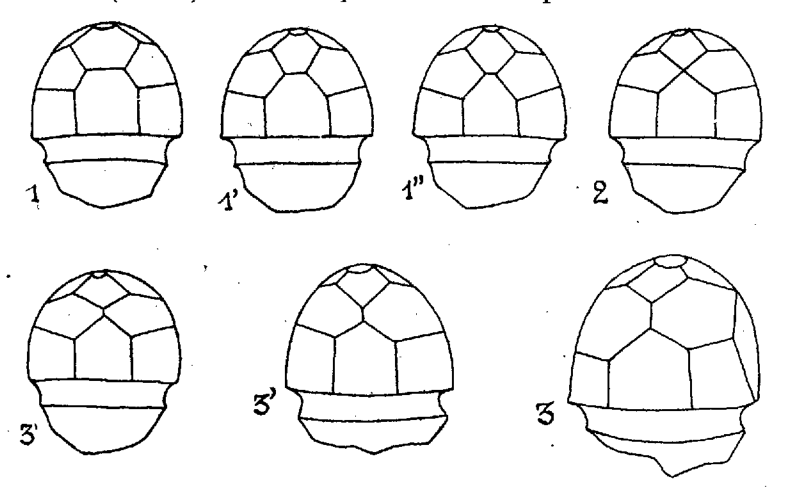
La systématique du genre *Peridinium*, en ce qui concerne les espèces d'eau douce notamment, est presque uniquement basée sur la tabulation schématique de la cellule. On considère souvent comme semblables des

(1) Séance du 26 octobre 1926.

espèces possédant même tabulation, en accordant une tolérance plus large aux autres caractères morphologiques. On crée au contraire des noms nouveaux pour des cellules dont la silhouette, les dimensions, l'ornementation sont identiques à celles d'espèces déjà décrites et dont elles ne diffèrent que par le schéma de tabulation.

Les faits que je vais exposer sont, je crois, de nature à modifier cette compréhension de l'espèce.

En étudiant une récolte de l'étang de Priziac (Morbihan), récolte que je dois à l'obligeance de M. P. Allorge, je remarquai qu'un grand nombre de *P. umbonatum* (Stein) var. *inæquale* Lemm. présentaient le caractère



P. umbonatum (Stein) var. *inæquale* Lemm. 1, forme type; 1', 1", formes intermédiaires; 2, forme *contactum*; 3", 3', changement d'orientation de la suture; 3, terme final de la variation.

contactum mis en évidence par M. Lindemann (*fig.* 2). Je m'intéressai à ce caractère qui n'avait pas encore été signalé chez cette espèce, et à titre de comparaison, j'examinai une récolte de Haute-Savoie dans laquelle j'identifiai non seulement les formes 1 et 2, mais encore la forme 3 en passant par tous les intermédiaires 1', 1", 2, 3", 3', 3. Voulant avoir pleine confirmation du fait, je poursuivis mes recherches dans ce sens et je pus me procurer à la tourbière de l'Archet Saint-Léger (Seine-et-Oise) une population très dense de *P. umbonatum* var. *inæquale* dans laquelle toutes les formes figurées de 1 à 3 sont abondamment représentées. Présumant que cette variation ne devait pas affecter exclusivement une espèce, j'étendis mes recherches aux autres espèces de même tabulation : *P. inconspicum* Lemm. et var. chez lesquelles je constatai des variations absolument identiques.

De ce qui précède il résulte donc que des espèces dont la morphologie générale est identique et dont le schéma dorsal représente les termes

extrêmes ou moyens de la variation 1 à 3 ne forment qu'une seule et même espèce.

Ceci nous autorise à reviser les groupes dont la tabulation évolue dans le cadre précédent, et nous pouvons de suite affirmer que toutes les variétés et formes du *P. munusculum* Lind. sont identiques à celles du *P. inconspicuum* Lemm. sous des types de tabulation différents. Je pense également pouvoir souligner l'identité du *P. africanum* Lemm. et du *P. tatricum* Woloszinska. Un regroupement total s'impose aussi dans les espèces et variétés créées par Playfair : *P. geminum* et variétés, *P. caudatum* et variétés; *P. umbonatum* var. *centenniale*, var. *ovale*, etc.

Je signale enfin une variation de l'hypovalve encore inobservée chez les représentants du genre *Peridinium* (eau douce) et qui se traduit par la présence d'une seule *at* au pôle antapical.

MYCOLOGIE. — *Ceratostomella Querci* n. sp. Note (¹) de M. **Pierre Georgévitch**, présentée par M. J. Costantin.

On trouve souvent dans les vaisseaux périphériques du Chêne (*Quercus pedunculata* Ehrh.) des corpuscules sphériques, qui, totalement ou partiellement, remplissent la lumière du vaisseau. Ce sont des conidies d'un *Graphium*, qui, lui aussi, se trouve même dans la lumière des vaisseaux.

Les *Graphium* prennent naissance isolément ou groupés, d'un enchevêtrement des hyphes, de $1,7$-3^{μ} d'épaisseur, dont les cellules sont courtes et de couleur brune. De ces hyphes surgissent, perpendiculairement au support et parallèlement entre elles, les hyphes plus minces de $1^{\mu},7$ d'épaisseur, qui s'accolent et font ainsi un faisceau, dont les hyphes périphériques sont jaune brunâtre et septées, tandis que les intérieures sont hyalines.

La longueur d'un *Graphium* dans la lumière du vaisseau mesure 260^{μ}-285^{μ} et dans les cultures artificielles jusqu'à 619^{μ}. Le sommet du *Graphium* est incolore et ses hyphes se ramifient au sommet où elles forment des conidies. Les branches qui portent des conidies sont courbées de côté en forme d'un pinceau, prennent plus tard l'aspect d'une gerbe, formant ainsi une sorte de capitule blanchâtre.

Le diamètre de ce capitule mesure 120^{μ}, qui peut être encore plus grand chez les *Graphium* libres et âgés.

Les conidies sont elliptiques ou ovales, longues de 4^{μ}, épaisses de 2^{μ} et hyalines. Elles tombent très facilement et, dans les cultures artificielles,

(¹) Séance du 26 octobre 1926.

elles restent suspendues dans une gouttelette du liquide au-dessus du capitule du *Graphium*.

Le *Graphium* décrit est la forme accessoire de la fructification d'une espèce de *Ceratostomella*, laquelle nous avons dénommée *Ceratostomella Querci*.

A part le *Graphium* décrit, on trouve aussi des *Graphium* beaucoup plus petits, qui poussent du capitule et de la tigelle de la corémie.

Les conidies du *Graphium* poussent au bout d'une seule journée un ou deux filaments mycéliens, sur lesquels peuvent se former des nouvelles conidies du type *Cladosporium*. Les plus grandes des conidies provenant du mycelium sont longues de 20^{μ}, épaisses de 3^{μ}, tandis que les plus jeunes sont plus petites. Elles germent aussi sur un seul ou sur les deux bouts et souvent par bourgeonnement.

A part les formes décrites de la fructification dans les vaisseaux du tronc, on trouve aussi souvent les périthèces comme la forme parfaite du Champignon *Ceratostomella*. Le périthèce, qui germe dans la lumière du vaisseau, est de couleur noire et sa longueur varie; le diamètre de la sphère du périthèce est 129^{μ} et du bec 22^{μ}. Celui-ci est souvent fort courbé et accolé à la paroi du vaisseau.

Les périthèces des cultures artificielles sont au contraire longues, $970\text{-}990^{\mu}$; le diamètre de leur sphère mesure $150\text{-}240^{\mu}$ et du bec $14\text{-}27^{\mu}$.

Au sommet du bec du périthèce, on trouve une couronne de forts cils, 315^{μ} de long et 5^{μ} d'épaisseur, qui surgissent en forme d'entonnoir et portent des ascospores éjaculées dans une gouttelette du liquide visqueux incolore, qui ne se dissout ni dans l'eau ni dans l'alcool.

Dans la sphère du périthèce, on trouve des asques d'une forme sphérique, dont le diamètre mesure $6\text{-}8^{\mu}$, et dans lesquelles il y a 8 ascospores réniformes, qui mûres sont longues de 4^{μ} et épaisses de 2^{μ}.

Les ascospores, après s'être arrondies, poussent même après 20 heures sur un ou sur les deux bouts. Le mycelium germé est septé et pousse des branches latérales, sur lesquelles se forment des conidies, du type *Cladosporium*. Sur le pain, sur l'agar et sur le bois, le mycelium forme, même après 2 jours, une couche blanche et après 5-6 jours les *Graphium* se développent avec des capitules blanchâtres. Il est caractéristique qu'après un temps assez long il ne se développe que des *Graphium*, qui couvrent toute la surface du substratum artificiel et ce n'est qu'après 4-5 semaines que les périthèces apparaissent.

De telle façon le lien génétique entre le *Ceratostomella*, le *Graphium* et le *perithecium* est démontré.

L'aubier du tronc du Chêne, dans les vaisseaux duquel les formes décrites

de la fructification du Champignon se développent, est coloré en gris foncé et cela seulement dans les zones isolées, qui pénètrent de la périphérie à l'intérieur de l'aubier.

D'après les faits décrits, le *Ceratostomella Querci* doit être rangé dans le groupe des Champignons qui colorent en gris foncé le bois du Chêne, cette couleur provenant de la couleur grise des hyphes, qui remplissent les vaisseaux de l'aubier.

PHARMACODYNAMIE. — *Action de l'ergotamine sur la respiration.* Note (1) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. A. Desgrez.

Stoll a isolé de l'ergot de seigle un alcaloïde cristallisé (ergotamine) qu'on s'accorde à considérer comme pharmacodynamiquement très voisin de l'ergotoxine (ou hydro-ergotinine), autre alcaloïde de l'ergot, mais qui n'a pu être obtenu jusqu'ici qu'à l'état amorphe. Bien plus, Dale, qui a longtemps étudié l'ergotoxine, et Spiro, qui s'est occupé le premier de la pharmacodynamie de l'ergotamine, ont rédigé, en collaboration, un mémoire dans lequel ils concluent que « pratiquement l'ergotamine et l'ergotoxine ont une action identique, tant quantitativement que qualitativement » (2).

Depuis lors, de nombreux travaux ont été consacrés à l'ergotamine, notamment par Rothlin et ses élèves. Dans un important mémoire, Rothlin (3), après avoir fixé les principales propriétés pharmacodynamiques de l'ergotamine, signale que les effets de cet alcaloïde sur la respiration diffèrent de ceux de l'ergotoxine : alors que, d'après Dale (4), la chrysotoxine (ergotoxine très impure), à doses suffisantes, détermine chez le chien une paralysie du centre respiratoire se traduisant au début par une accélération et une diminution d'amplitude des mouvements respiratoires, de petites doses d'ergotamine ne modifient pas, chez le lapin, la fréquence respiratoire et augmentent même le volume de l'air inspiré.

Il nous a paru intéressant de rechercher si cette différence entre l'ergotamine et l'ergotoxine n'était pas qu'apparente et, dans ce but, nous avons étudié l'action des doses moyennes et fortes d'ergotamine sur les mouvements respiratoires du chien chloralosané. Nous avons pu ainsi constater

(1) Séance du 18 octobre 1926.

(2) Dale et Spiro, *Archiv für experiment. Pathologie und Pharmakologie*, 95, 1922, p. 349.

(3) Rothlin, *Archives internationales de Pharmacodynamie*, 27, 1923, p. 468-469.

(4) Dale, *Journal of Physiology*, 34, 1906, p. 166.

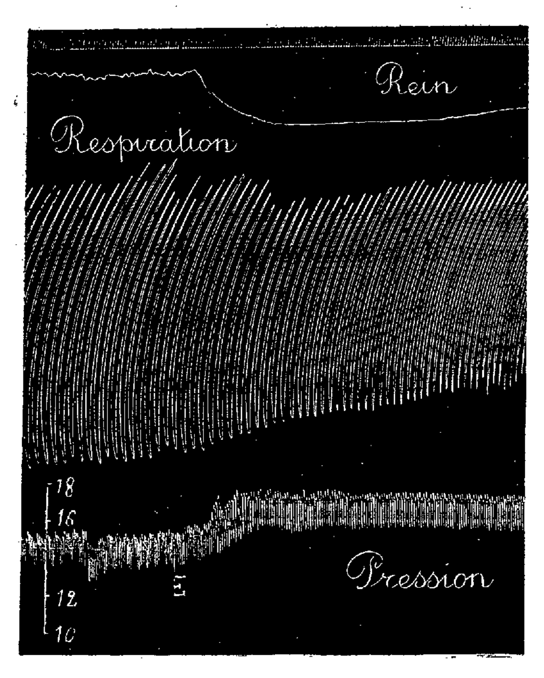


Fig. 1. — Chien de 7kg, chloralosané. Temps en secondes. Tracé supérieur : modifications du volume du rein enregistrées par l'oncographe de Roy. Tracé médian : mouvements respiratoires enregistrés par le pneumographe double de Marey. Tracé inférieur : modifications de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. En E, injection dans la saphène de 3mg,50 de tartrate d'ergotamine en solution à 1 pour 1000. Tracés réduits de moitié.

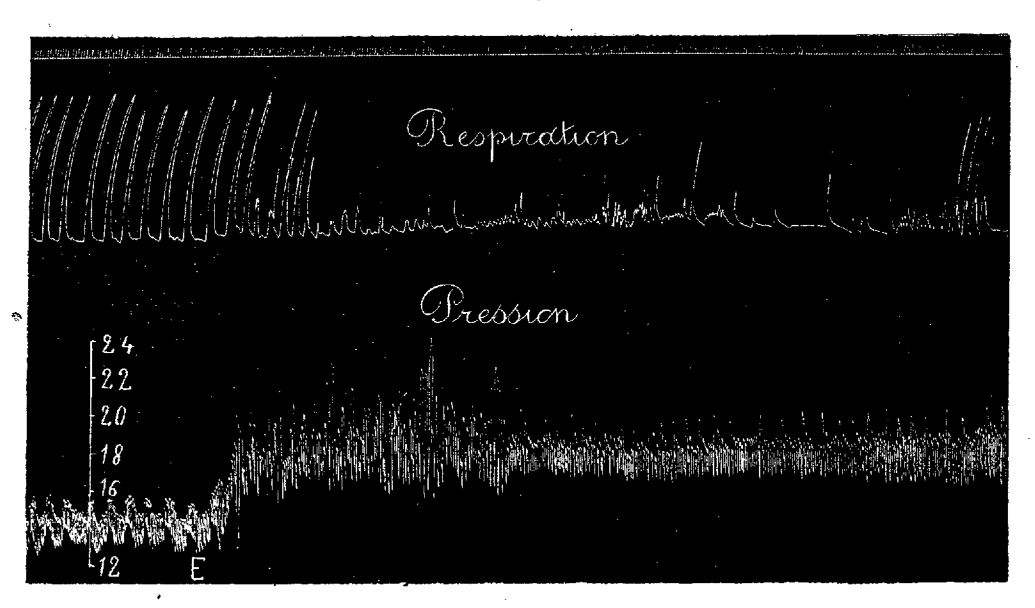


Fig. 2. — Chien de 10kg chloralosané. Temps en secondes. Tracé supérieur : mouvements respiratoires enregistrés par le pneumographe double de Marey. Tracé inférieur : pression carotidienne enregistrée par le manomètre à mercure. En E, injection dans la saphène de 20mg de tartrate d'ergotamine en solution à 1 pour 1000. Tracés réduits de moitié.

que des doses moyennes d'ergotamine ($0^{mg},5$ par kilogramme d'animal) augmentent la fréquence des mouvements respiratoires, mais diminuent leur amplitude (*fig.* 1), tandis que des doses fortes (2^{mg} par kilogramme d'animal) abolissent presque complètement les mouvements respiratoires (*fig.* 2).

On peut donc en conclure que, même au point de vue de leur action sur la respiration, l'ergotamine et l'ergotoxine ne diffèrent pas qualitativement. Il importe toutefois de remarquer :

1° que contrairement à l'ergotoxine qui, nous l'avons déjà rappelé, est une substance amorphe ayant des caractères chimiques mal définis, l'ergotamine est un alcaloïde pur, cristallisé et à constantes physiques nettement fixées;

2° qu'il résulte tant des expériences de Clark et de Broom que de nos expériences personnelles, que l'action de l'ergotamine est nettement plus forte que celle de l'ergotoxine.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Transmission de l'érythroclasie altitudinique par le sérum d'un animal décomprimé.* Note [1] de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. A. Desgrez.

A la suite d'expériences poursuivies pendant plusieurs années à l'Observatoire Vallot et au Laboratoire de Chamonix, sous l'égide de la Société des Observatoires du Mont Blanc, j'avais conclu que le séjour d'un animal respirant en air raréfié détermine dans son sang des lésions érythrocytiques et que les formes crénelées des hématies se multiplient en raison de la profondeur de la décompression [1], et j'attribuais ce processus pathologique à l'apparition d'autolysats d'hypo-oxygénation. De nouvelles recherches faites l'été dernier, grâce à l'aide qui m'a été offerte par M. Dina, m'ont enseigné que ces substances se trouvent dans le sérum et que leur action peut se transmettre dans le sang d'un autre animal de même espèce, non décomprimé.

Pendant un de mes séjours au Mont Blanc, j'avais injecté à trois lapins un peu de sang défibriné d'un autre lapin ayant été porté comme eux, là haut, depuis quatre jours. Ces animaux injectés moururent, mais cette expérience n'était pas concluante, car ces animaux récepteurs souffraient déjà de l'asphyxie altitudinique et le sérum du donneur contenait des hématies adultérées. Je l'ai reprise à Chamonix : à plusieurs lapins vivant normale-

(1) Séance du 26 octobre 1926.

(2) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1194.

ment, j'ai injecté *du sérum dépourvu d'hématies*, provenant de lapins ayant été soumis à la décompression.

Aucun des animaux n'est mort, mais plusieurs ont présenté de l'amaigrissement ou un abaissement thermique notable. J'ai cherché un criterium invariable et je l'ai trouvé dans la production constante d'un nombre considérable d'*hématies crénelées* tel qu'on ne le trouve jamais sur aucun lapin normal, mais que j'ai toujours constaté sur les animaux sortant de la cloche à décompression. Ce processus destructif ne peut être attribué à aucune autre cause qu'à l'injection de sérum d'animal décomprimé. Voici le résumé d'une expérience, entre plusieurs autres :

Laboratoire de Chamonix. — 23 *septembre* 1926. — Je soumets un lapin D à une atmosphère d'air circulant sous une cloche, en vitesse suffisante, à la pression de $286^{mm},7$ de mercure (correspondant à une altitude de 7500^{m}). Je le sors le lendemain, je le saigne et je laisse son sang coaguler.

25 *septembre*. — Du sérum du lapin D, je prélève 3^{cm^3} que j'injecte dans la veine marginale de l'oreille d'un lapin E, pesant 2500^{g}. Aucun accident. Pas de variation thermique anormale. Un peu d'anhélation. Rien non plus le 26 septembre.

27 *septembre*. — Au même lapin E, je fais une seconde injection avec le sérum d'un lapin A, ayant séjourné 24 heures sous pression de $213^{mm},7$ de mercure (altitude, 9500^{m}). Abaissement thermique de $0°,8$. Les jours suivants, un peu d'abattement, appétit diminué. Je laisse l'animal en repos pendant une semaine.

5 *octobre*. — Numération *sélective* du sang du lapin E, en liquide de Marcano. Globules déformés, *crénelés*, 39,83 pour 100.

Or, examiné huit jours avant la première injection, le sang de E avait donné 4 pour 100 de globules crénelés. Donc, au bout d'une semaine, les globules crénelés ont augmenté *de près de dix fois*, sous l'action de sérums d'animaux ayant séjourné 24 heures en pression d'altitudes très élevées, sans aucune autre influence.

De ces expériences, je crois pouvoir tirer les conclusions suivantes :

1° Le sérum d'un animal fortement décomprimé contient des substances solubles qui reproduisent, sur un animal sain de même espèce, les déformations érythrocytiques constatées dans le sang du premier animal. Cette action dure encore chez le second animal 10 jours après la première injection.

2° Cette persistance des troubles érythrocytiques est à opposer à ce qui se produit chez un animal décomprimé et laissé ensuite au repos ; en effet, au bout du même temps, ce dernier animal présente généralement des formes hématiques de néopoïèse à l'exclusion des formes d'érythroclasie qui ont disparu.

La séance est levée à 16^{h}.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 NOVEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

GÉODÉSIE. — *Sur une grande opération mondiale de mesures de longitudes.* Note de M. **Ch. Lallemand.**

Au nom du Bureau des Longitudes, qui, dès 1920, en avait pris l'initiative, j'ai l'honneur de signaler à l'Académie la grande opération mondiale à laquelle, en ce moment, trente nations prennent part, à l'effet de déterminer, avec toute l'exactitude actuellement réalisable, les longitudes d'un certain nombre de lieux répartis autour du Globe.

Accueilli avec faveur par l'Union internationale astronomique et par l'Union géodésique et géophysique internationale, ce projet met en œuvre les dernières ressources de la radiotélégraphie, associées aux procédés les plus perfectionnés de l'observation astronomique.

Une Commission mixte, présidée par notre confrère le général Ferrié, auteur du projet, a réglé tous les détails de l'opération, dont le programme est le suivant :

On doit déterminer les différences respectives de longitude qui existent entre trois points fondamentaux de la Terre, situés à peu près sur le même parallèle et espacés d'environ 120° l'un de l'autre, de manière à constituer, autour du pôle, un polygone fermé assurant une rigoureuse vérification des résultats.

Simultanément, des déterminations analogues sont exécutées en d'autres points, groupés aussi de manière à former, entre eux ou avec les précédents, des polygones secondaires, permettant de les rattacher, avec toute la précision possible, aux stations fondamentales.

Ces dernières sont constituées par trois observatoires permanents : Alger et Changhaï (Zi-ka-Wei), tous deux français, et San Diego (Californie), propriété de la Marine des États-Unis.

Font partie des polygones secondaires, l'Observatoire de Paris, origine des longitudes françaises et siège du Bureau International de l'Heure, et l'Observatoire de Greenwich, dont le méridien est l'origine mondiale des longitudes, et dont l'heure locale a été choisie pour heure universelle.

La différence de longitude de deux lieux est égale, comme on sait, à la différence de leurs heures locales au même instant. Pour mesurer cette différence, il faut donc, en chacun d'eux :

1° Par l'observation de passages d'étoiles, déterminer l'heure locale, c'est-à-dire l'avance ou le retard de l'horloge astronomique du lieu ;

2° Noter l'heure marquée par cette horloge à l'instant de la réception d'un signal spécial, émis par une station radiotélégraphique, comme l'ont préconisé, pour la première fois, il y a plus de quinze ans, deux savants français, MM. A. Claude, Directeur adjoint de l'Observatoire du Bureau des Longitudes, et L. Driencourt, Ingénieur hydrographe en chef de la Marine.

Après due correction de l'avance ou du retard de chacune d'elles, la différence de ces deux heures est la différence cherchée des longitudes des deux stations.

Pour déterminer l'heure locale aux stations fondamentales, on emploie concurremment deux appareils de principe entièrement différent, savoir : la lunette méridienne, dotée d'un micromètre impersonnel enregistreur, à entraînement automatique, et l'astrolabe à prisme, créé par MM. Claude et Driencourt. La comparaison des résultats fournira — du moins on l'espère — l'explication de certaines erreurs systématiques sur la nature et l'importance desquelles les astronomes ne sont pas encore définitivement fixés.

Les observations de passages d'étoiles sont enregistrées sur des chronographes et, pour les astronomes français, de préférence sur ceux du modèle imaginé par M. Abraham, professeur à la Sorbonne.

Quant aux signaux radiotélégraphiques destinés à permettre la comparaison des horloges installées dans les divers observatoires, ils sont émis par sept stations, dont quatre françaises : Saïgon, Bordeaux (Croix d'Hins), et Paris (Issy et Tour Eiffel). Les émissions, réglées d'après un plan arrêté d'avance, sont au nombre de 20 par 24 heures. Dans chaque station, elles sont, autant que possible, enregistrées simultanément avec les vibrations,

électriquement entretenues, d'un diapason et avec les battements de la pendule choisie comme directrice. Dans les stations françaises, cet enregistrement est obtenu au moyen d'oscillographes à plume, du type créé, au cours de la récente guerre, par M. Abraham, pour le repérage du tir par le son et au moyen de chronographes du modèle employé dans le même but.

La méthode des coïncidences observées à l'oreille n'est utilisée que si l'enregistrement est impossible.

Les observations sont agencées de manière à fournir, pour chaque polygone, une erreur effective de fermeture. Cela suppose entièrement indépendantes l'une de l'autre les deux différences de longitudes, c'est-à-dire les déterminations d'heures et les comparaisons radiotélégraphiques, relevées entre chacune des stations et les deux postes les plus proches de part et d'autre.

Si l'on n'exécutait, en effet, qu'une seule série d'observations d'heure dans la station intermédiaire, les erreurs correspondantes n'influeraient en rien sur la différence de longitude des deux postes extrêmes.

De même, si tous les observatoires disposés sur un même polygone comparaient, au même instant, leurs horloges à l'aide des mêmes signaux radiotélégraphiques, l'erreur de fermeture du polygone serait forcément nulle, quelles que fussent les erreurs affectant les déterminations locales de l'heure.

Les polygones faisant le tour du monde fourniront un contrôle plus complet, la somme des différences individuelles de longitudes devant être rigoureusement égale à 24 heures.

Devenue possible aujourd'hui seulement, grâce aux énormes progrès introduits par le général Ferrié et ses collaborateurs dans la comparaison des horloges à grande distance par voie radiotélégraphique, la vaste opération dont il s'agit vient à son heure. En effet, par suite de la diversité des observateurs et des méridiens de rattachement, comme aussi des méthodes [1] et des instruments employés à ces déterminations, les longitudes officielles des divers lieux du globe sont souvent très incertaines. Renouvelée de temps à autre, leur mesure précise permettra, en particulier, de vérifier si les continents et les îles se déplacent légèrement dans le sens Est-Ouest, comme l'ont prétendu certains géologues.

---

[1] Passages et hauteurs lunaires; occultations d'étoiles par la Lune; éclipses; occultations des satellites de Jupiter, etc.

En tout cas, dans la réalisation même de l'entreprise, la France joue un rôle prépondérant, un astronome français, pour le moins, prenant part aux observations faites en chacune des trois stations fondamentales ([1]).

GÉOLOGIE. — *Quelques observations sur le terrain crétacé au sud de Pau.* Note ([2]) de M. **H. Douvillé.**

Comment était constitué le sol sur lequel ces dépôts se sont effectués ? C'est ce que j'appellerai le soubassement. La mer s'était retirée avant la fin du Jurassique et elle n'y est revenue qu'après le commencement du Crétacé. Dans cet intervalle la surface du sol, devenu continental, a été modelée et ravinée, par les actions atmosphériques, laissant en saillie les roches dures comme l'Ophite. Mais en outre, il a dû se produire des mouvements orogéniques et si dans les aires synclinales les dépôts crétacés paraissent souvent recouvrir presque en concordance les dernières couches jurassiques, il n'en est pas moins certain qu'elles doivent être transgressives sur d'autres points et reposer sur des formations plus anciennes du soubassement. C'est ce que l'on observe en effet.

La succession des couches a été minutieusement étudiée par Seunes dans ses différents Mémoires de 1888 à 1893. Je n'aurai que quelques retouches à y apporter.

Les premiers dépôts crétacés, d'âge barrémien, sont représentés par des calcaires littoraux à *Toucasia carinata*, formés autour de certaines saillies rocheuses, ophitiques, comme à Vinport et au Pic de Rébenacq. Des dépôts plus profonds représentés par des marnes noires fissiles ou schisteuses (ardoises de Lourdes) avec une faune d'Ammonites caractéristiques (*Amm. Deshayesi*) représentent l'Aptien ; au sud du Pic de Rébenacq elles reposent directement sur le Jurassique et passent à leur partie supérieure à des calcschistes qui, à la ferme Baylongue, renferment avec l'*Amm.*

([1]) A Alger, MM. Lambert de l'Observatoire de Paris, Gougenheim, ingénieur hydrographe de la Marine, les capitaines Regnier et de Volontat, assistent M. Gonnessiat, directeur de l'Observatoire.

A Changhaï, M. Fayet, directeur de l'Observatoire de Nice, travaille de concert avec les Pères jésuites français qui ont créé et desservent normalement l'Observatoire.

A San Diego, le colonel Mailles opère avec un astrolabe, tandis que les astronomes américains observent à la lunette méridienne.

([2]) Séance du 3 novembre 1926.

Deshayesi, des Ammonites de grande taille du groupe de l'*Amm. Martini*, avec *Plicatula* cf. *placunea*, *Exogyra latissima*, *Terebratula subsella*, *Rhynchonella sulcata*, etc., c'est l'Aptien supérieur. Des calcaires noirs sont souvent intercalés dans ces couches.

Les calcschistes paraissent passer à l'Albien, car à leur partie supérieure j'ai recueilli un fragment d'un calcaire glauconieux avec Ammonites phosphatées, qui appartenait incontestablement à ce niveau; un peu plus au Sud à Sévignacq, St. Menteath a du reste signalé l'*Amm. Milleti*, caractéristique de l'Albien. Mais plus loin à partir de Sainte-Colome, cet horizon n'est plus représenté que par des calcaires à Rudistes, ce sont les marbres bien connus d'Arudy et d'Izeste. Je les ai étudiés anciennement d'après les récoltes de Seunes; ils renferment *Radiolites cantabricus*, *Horiopleura Lamberti*, *Polyconites Verneuilli*, *Pseudotoucasia santanderensis*. On a beaucoup discuté sur l'âge exact de cette faune; pour les uns elle est encore aptienne, tandis que pour d'autres elle est déjà albienne; l'important est de la séparer nettement du barrémien, dont elle diffère stratigraphiquement et paléontologiquement; pour cette raison il y a grand avantage à la considérer comme albienne.

Plus au Sud la même succession de couches a été signalée d'abord par Seunes à Aigalade, puis par M. Viennot au nord de Billières : les calcaires albiens d'Arudy surmontent là les calcschistes de l'Aptien supérieur à *Amm. Deshayesi*, *Plicatula placunea*, *Exogyra latissima*, qui eux-mêmes succèdent à la dolomie jurassique.

Les mêmes couches se prolongent au sud de Julia où affleurent successivement les calcaires albiens et les calcschistes aptiens qui à Asté-Béon s'appuient sur l'Ophite.

Ces dépôts vaseux du Crétacé inférieur indiquent une mer n'ayant que des communications étroites avec l'Océan; elle en était séparée vraisemblablement par une série d'îles ou de hauts fonds, encore représentés aujourd'hui par la série des dômes ophitiques qui font saillie au milieu du Tertiaire depuis Biarritz jusqu'à Dax.

Cette barrière s'efface peu à peu avec les progrès de la transgression; on voit s'intercaler dans les marnes des bancs calcaires de plus en plus nombreux, où apparaissent les Foraminifères caractéristiques de la haute mer; ce sont d'abord les *Lagena* dans les calcaires de Bidache, si improprement désignés souvent sous le nom de Flysch pyrénéen.

On connaît la grande extension de ces calcaires en dalles avec silex rubanés, depuis Hendaye, où ils ont été magistralement décrits par

J. de Lapparent, jusqu'à la vallée d'Ossau. Au sud de Gan, les couches de la base, à l'état de gravier plus ou moins fin, sont sublittorales avec *Orbitolina subconcava* et *Alveolina cretacea*, elles représentent le Cénomanien qui plus au Sud, dans la région de Larrau (La Chapelle Saint-Joseph), devient tout à fait littoral avec des calcaires marbres, tachés de rouge, à *Caprina adversa*, rappelant le marbre de Sarrancolin; ils reposent directement alors sur le Paléozoïque.

Les calcaires à silex rubanés, turoniens, sont riches en *Lagena spherica*, puis le caractère océanien s'accentuant de plus en plus, on passe à des calcaires crayeux à Globigérines. Ce sont d'abord les calcaires marneux à *Holaster* (souvent écrasés) du Santonien, puis les calcaires plus solides de la carrière Bernès, avec leur riche faune d'Ammonites et de *Stegaster*, décrites par Seunes, et caractéristique du Maëstrichtien. La profondeur de la mer où ces dépôts se sont formés diminue notablement et l'on voit apparaître d'abord les *Chondrites* et les *Cancellophycus*, puis dans le Danien, les *Lithothamnium*. Cet étage est représenté d'abord par les conglomérats et les brèches à *Coraster*, et *Orthophragmina Seunesi* de la carrière Labau, puis par des marnes avec lits calcaires très riches en *Lithothamnium*, c'est le gisement d'Arros, signalé depuis longtemps, avec *Desmieria*, *Campanile* cf. *Ganesha*, *Spondylus*, *Pycnodonta vesicularis*, *Polypiers*, *Coraster Villanovæ*, *C. beneharnicus*, *Echinocorys Cotteaui*, Lambert (*semiglobus* Cott. non Lk.), *Cidaris Beaugeyi* (test et radioles), *Typocidaris*, *Balanocrinus Buchi*, *Operculina Heberti*, *Orthophragmina Seunesi*, etc.

A la fin du Crétacé la région a été soulevée et probablement plissée, car les premiers dépôts éocènes sont nettement transgressifs et reposent tantôt sur le Danien et tantôt sur le Maëstrichtien.

Comment se comportent au point de vue tectonique les couches que nous venons de passer en revue? Il semble qu'on puisse les grouper en une série d'anticlinaux plus ou moins complets, déversés vers le Sud et séparés par des surfaces de chevauchement. Ces anticlinaux sont souvent brisés, crevés, suivant l'expression pittoresque de Viennot, de sorte que le flanc supérieur peut glisser, chevaucher le flanc inférieur renversé et arriver à le masquer entièrement. L'anticlinal est alors réduit à une écaille dont la base correspond à l'axe du pli et est formée par les couches du soubassement, Jurassique, Trias ou même quelquefois par des roches plus anciennes mylonitisées (Viennot).

Au sud de Gan le terrain crétacé supérieur forme plusieurs anticlinaux déversés au Sud; sur certains points le flanc inférieur renversé est visible.

Les calcaires de Bidache constituent un deuxième anticlinal ou une écaille reposant sur le Trias ophitique de Rébenacq. Celui-ci chevauche les schistes aptiens recouvrant les calcaires du Pic, barrémiens, tandis que ceux-ci s'appuient directement sur l'Ophite. Au delà, à la ferme Baylongue, nouveau chevauchement sur le Crétacé inférieur, Albien à Ammonites phosphatées, calcschistes à Plicatules. schistes à Ammonites, formant le flanc supérieur d'un anticlinal dont l'axe est constitué par le Jurassique découvert par M. Viennot en 1923 (1), et par le Trias. Celui-ci chevauche à son tour les schistes aptiens qui recouvrent plus loin le Trias ophitique avec ses gypses, exploités souterrainement dans les fonds de vallée. Ces schistes présentent, comme à la ferme Baylongue, des Ammonites albiennes à leur partie supérieure, à Sévignacq, tandis que plus au Sud l'Albien n'est plus représenté que par les calcaires d'Arudy à *Horiopleura*. Ceux-ci couronnent le grand anticlinal d'Asasp de M. Viennot (2) et viennent recouvrir normalement au Sud les calcschistes aptiens à Plicatules, tandis que les dolomies jurassiques et le Trias dessinent l'axe du pli.

Cette même coupe semble bien se reproduire plus au Sud où l'on rencontre successivement les calcaires albiens, puis les calcschistes aptiens reposant sur l'Ophite d'Asté Béon, mais dans cette région les confusions souvent faites entre les divers niveaux albiens et aptiens rend les observations difficiles à interpréter. J'ajouterai toutefois que M. Viennot a signalé plus à l'Ouest, l'anticlinal au nord de Lourdios comme « déversé au Sud et même crevé », et ayant en outre conservé au moins une partie de son flanc inverse.

On arrive enfin aux belles coupes données par M. Bresson et qui mettent si bien en lumière les chevauchements vers le Sud.

En résumé, cette succession d'écailles et d'anticlinaux correspond à une succession de plis couchés, violemment refoulés vers le Sud. Ces plis sont d'une forme particulière, on pourrait les appeler des plis en *Z*, le plus souvent cassés et crevés. La partie moyenne renversée peut être masquée par le chevauchement du flanc supérieur, ou même peut manquer complètement (écaille) si la cassure est précoce. C'est en *tout petit* une disposition analogue à celle qui a donné naissance aux grandes nappes alpines.

(1) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, n° **14**, 1924, p. 142.

(2) *Bull. Carte géol. Fr.*, **26**, n° **146**, C. R. des collab. pour 1921, p. 8.

M. ÉMILE BOREL s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de deux nouveaux fascicules du *Traité du calcul des probabilités et de ses applications*, dont j'ai entrepris la publication avec le concours de plusieurs savants français et étrangers.

Le premier de ces fascicules, *Applications à l'arithmétique et à la théorie des fonctions*, a été rédigé par Paul DUBREIL, élève de l'École Normale supérieure, d'après mon cours de la Faculté des Sciences. J'y ai réuni un certain nombre de recherches, jusqu'ici éparses, notamment sur les chiffres successifs des fractions décimales illimitées.

Pour le deuxième fascicule, *Applications au tir*, j'ai eu comme collaborateur M. J. HAAG, professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, que ses travaux antérieurs désignaient tout particulièrement pour traiter un tel sujet. La plus grande partie en est consacrée au tir du canon ; mais M. J. Haag a écrit un chapitre sur le sujet trop négligé du tir au fusil de chasse.

Si l'on tient compte des fascicules qui sont sous presse, la moitié du nombre des dix-sept fascicules prévus va avoir paru ; d'autres sont en cours de rédaction, de sorte que la rédaction du Traité est plus qu'à moitié terminée; s'il ne se produit aucun accident imprévu, on doit donc espérer que la publication en sera achevée dans les délais qui avaient été fixés. Qu'il me soit permis de reporter la plus grande part du mérite de cette ponctualité sur la maison Gauthier-Villars et sur mes collaborateurs.

M. H. LE CHATELIER fait hommage à l'Académie de la deuxième édition de ses *Leçons sur le carbone, la combustion, les lois chimiques*.

M. ÉMILE SCHWOERER fait hommage à l'Académie du Discours qu'il a prononcé au *Centenaire de la Société industrielle de Mulhouse*.

Sir JOHN RUSSELL fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : *Plant nutrition and crop production*.

M. CAMILLE SAUVAGEAU fait hommage à l'Académie d'un Mémoire *Sur l'alternance des générations chez le* Carpomitra Cabreræ *Kütz*.

NOMINATIONS.

M. **Louis Joubin** est désigné pour représenter l'Académie au *Xe Congrès national des Pêches et Industries maritimes*, à Alger, en avril 1927.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Réseaux* (ou *graphes*), par A. Sainte-Laguë, fascicule XVIII du *Mémorial des Sciences mathématiques*. (Présenté par M. E. Borel.)

2° J. Schokalsky. *Recueil des nivellements de chemins de fer de la Russie d'Europe*. Fascicule I. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

3° Fritz Sarasin et Jean Roux. *Nova Caledonia. A. Zoologie*. Vol. IV, Livre II. J. Roux. *Crustacés décapodes d'eau douce de la Nouvelle-Calédonie;* K. W. Verhoeff. *Isopoda terrestria von Neu-Caledonien und den Loyalty-Inseln*, et Livre III. J. Carl. *Diplopoden von Neu-Caledonien und den Loyalty-Inseln*.

4° *Cours de Physique générale*, par H. Ollivier. Tome premier. *Unités, Gravitation, Électricité et Magnétisme. Ions et Électrons. Symétries*. Troisième édition.

ASTRONOMIE. — *Changements observés sur la planète Mars, dans l'opposition de* 1926. Note (¹) de M. **R. Jarry Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

Nos observations poursuivies à Sétif en 1926, avec le réfracteur de $0^m,50$ de diamètre, montrent que les configurations de la planète Mars ont subi depuis 1924 des changements importants dans leur aspect, tandis qu'en 1924 nous avions été frappé par leur apparence de stabilité.

Les régions qui ont montré les variations d'aspect les plus importantes sont celles situées entre la pointe de *Mare Cimmerium* et le rivage oriental

(¹) Séance du 3 novembre 1926.

de *Syrtis Major*, vers Nubas, Nodus Alcyonius, Nepenthes, Lacus Moeris et jusque vers *Syrtis Minor*. Puis la région de Lacus Solis. Ce dernier Lacus montre une apparence non encore vue par nous au cours de nos observations, qui se poursuivent systématiquement depuis 1907. D'ailleurs, il est très difficile de saisir les contours exacts de ce Lacus, formé de diverses condensations de tonalité variable.

Dans la nuit du 24 au 25 octobre M. G. Fournier a observé un phénomène *clair* anormal, d'aspect brillant, ayant des analogies avec ceux vus en 1911 sur la même région, à une saison martienne se rapprochant de celle de cette année. Ce phénomène, blanc et comme brillant, à demi opaque, recouvrait en partie Nepenthes-Lacus Moeris et devenait moins visible vers le coucher du soleil martien, comme nous l'avions constaté aussi en 1911. Il y avait des anomalies sombres dans le voisinage, chose déjà notée aussi en 1911. Ce phénomène ne s'était pas encore produit le 23 octobre, et il n'était plus visible dans la nuit du 26 au 27.

GÉOGRAPHIE. — *L'Expédition de la Société russe de Géographie en Mongolie* (1924-1926). Note (¹) de M. **J. Schokalsky**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Les résultats de cette expédition, dirigée par M. P. Kozloff, font l'objet de deux fascicules. Le premier, consacré à la Mongolie septentrionale, vient d'être publié par l'Académie des Sciences de Leningrad. Le deuxième comprend les recherches faites, entre Ourga et l'Altaï mongolien, dans une région non encore explorée auparavant. Le point extrême a été le Kara-Khoto, déjà visité par M. Kozloff en 1909. Les fouilles ont porté cette fois sur les ruines de la ville et sur l'oasis entier dans un rayon de 50^{km}. A cette occasion on a découvert, dans le Khangaï, les ruines d'une ville chinoise bâtie au XIIIe siècle par Khoubilaï-Khan.

Les collections de paléontologie et d'histoire naturelle rapportées par l'expédition sont actuellement exposées dans l'hôtel de la Société russe de Géographie.

(¹) Séance du 3 novembre 1926.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Représentation nouvelle d'un gaz. Application à la pression barométrique.* Note [1] de M. S. **Drzewiecki**, présentée par M. Hadamard.

I. La théorie cinétique fournit un moyen simple d'évaluer la résistance éprouvée par un corps, de dimensions de l'ordre des distances moléculaires, se déplaçant dans une masse gazeuse. On peut en effet admettre que les molécules qui rebondissent, après un choc sur un corps de petites dimensions, se dispersent latéralement, de sorte que le corps avancerait toujours dans un gaz non perturbé. Soient V la vitesse du corps, $\overline{\Omega}$ la vitesse moléculaire que, pour simplifier, nous supposerons la même pour toutes les molécules; il est facile de montrer que, dans ces conditions, la pression exercée par le gaz, sur un petit plan faisant avec la direction de la translation un angle α, sera, suivant le sens de V,

$$P = P_0\left(1 \pm \frac{V\cos\alpha}{\Omega}\right)^3 \qquad \text{avec} \qquad P_0 = \frac{1}{3}N.m.\overline{\Omega}^2,$$

où N est le nombre d'Avogadro et m la masse moléculaire. Cette expression est valable pour $V\cos\alpha < \overline{\Omega}$, tandis que pour $V\cos\alpha > \overline{\Omega}$ elle devient

$$P = 2P_0\left(1 \pm 3\,\frac{V^2\cos^2\alpha}{\Omega^2}\right).$$

Or ces expressions représentent précisément le double du moment d'inertie d'une surface sphérique de rayon $\overline{\Omega}$, limitée à un plan parallèle au plan équatorial perpendiculaire à la direction de la translation et situé à une distance V de ce dernier; le moment d'inertie étant pris par rapport au plan en question, et les N molécules de masse m étant supposées uniformément réparties sur toute la surface de la sphère. Cette identité d'expressions fournit un moyen commode et fécond pour la solution de maint problème de la mécanique des fluides.

II. A titre d'application de cette méthode, nous allons montrer comment on peut, par un moyen *dynamique*, retrouver la formule de Laplace, pour la pression barométrique à une altitude Z. Les calculs qui vont suivre ont été faits avec la collaboration de M. Y. Rocard. Soit $\left(\frac{1}{n}\right)^{\text{ième}}$ de seconde

[1] Séance du 3 novembre 1926.

la durée du libre parcours moyen; il est commode de prendre cette durée comme unité de temps. Dans l'intervalle d'un choc au suivant, les molécules ont acquis un supplément de vitesse $\frac{g}{n^2}$ vers le bas, g étant l'accélération de la pesanteur. Pour cette unité de temps de $\left(\frac{1}{n}\right)^{\text{ième}}$ de seconde, le rayon de notre sphère, qui représente la vitesse moléculaire, devient $\frac{\overline{\Omega}}{n}$. Dès lors, subdivisant la hauteur gazeuse Z en couches horizontales d'épaisseur égale au diamètre de la sphère représentative $2\frac{\overline{\Omega}}{n}$, on voit que, pour que l'équilibre vertical entre les couches superposées puisse exister, il faut que le nombre de molécules N, en dessus et en dessous d'un plan de séparation, soit inversement proportionnel aux pressions verticales qui deviennent respectivement

$$P_0\left(\frac{\overline{\Omega}}{n}+\frac{g}{n^2}\right)^3$$

de haut en bas et

$$P_0\left(\frac{\overline{\Omega}}{n}-\frac{g}{n^2}\right)^3$$

de bas en haut. On aura ainsi

$$\frac{N_0}{N_1}=\frac{N_1}{N_2}=\ldots=\frac{N_{z-1}}{N_Z}=\left(\frac{\Omega+\frac{g}{n}}{\Omega-\frac{g}{n}}\right)^3.$$

Or, la hauteur Z correspond à la couche $\frac{Z}{2\frac{\Omega}{n}}$, d'où

$$\frac{P_0}{P_z}=\frac{N_0}{N_z}-\left(\frac{\Omega+\frac{g}{n}}{\Omega-\frac{g}{n}}\right)^{3\times\frac{Z}{2\frac{\Omega}{n}}}.$$

En développant en série, il vient

$$\log\frac{P_0}{P_z}=Z\left(3\frac{g}{\Omega^2}+\frac{g^3}{n^2\Omega^4}+\frac{3}{5}\frac{g^5}{n^4\Omega^6}+\ldots\right).$$

Le premier terme de cette formule $\frac{3gZ}{\Omega^2}$ est identique à la formule de Laplace, et l'on peut voir qu'elle est indépendante des restrictions faites au début ($\overline{\Omega}$ constant). Mais elle fournit un deuxième terme $\frac{g^3Z}{n^2\Omega^4}$ qui, ne

figurant pas dans la formule de Laplace, mesure, en quelque sorte, l'écart de la théorie du milieu continu avec la réalité. Ce terme n'est pas rigoureux car l'hypothèse du libre parcours constant n'est pas légitime, mais si l'on s'en contente comme ordre de grandeur, en reliant n au libre parcours moyen (dont la valeur s'obtient en fonction du diamètre moléculaire σ) on trouve une formule approchée :

$$\log\frac{P_0}{P_2}=\frac{3g}{\Omega^2}Z\left(1+\frac{g^2}{6.\pi^2\Omega^4}\times\frac{1}{N^2\sigma}e^{\frac{3gZ}{\Omega^2}}\right).$$

L'ordre de grandeur du terme correctif est $10^{-12}\left(\frac{P_0}{P_2}\right)^2$.

La nature du résultat semble impliquer que les théories du milieu continu devraient comporter des corrections analogues, pour se trouver en accord avec l'hypothèse cinétique.

MAGNÉTISME. — *Les oscillations et la résonance des aimants élémentaires.* Note [1] de M. W. **Arkadiew**, transmise par M. P. Weiss.

1. En mesurant [2] le coefficient d'amortissement des ondes électriques qui se propagent le long des fils du métal ferromagnétique, on peut trouver la perméabilité apparente [3] des fils μ_k. Cette grandeur décroît vers les ondes courtes et, dans les ondes de 1^{cm} environ elle se rapproche de l'unité. En comparant le coefficient de réflexion des ondes sur les réseaux hertziens formés de fils magnétiques espacés à celui des réseaux à fils non-magnétiques [4], on trouve que les propriétés magnétiques sont plus faiblement exprimées que dans le premier cas et qu'elles disparaissent pour les ondes moins courtes. L'analyse théorique [5] montre que dans la réflexion sur les réseaux les propriétés magnétiques sont occasionnées par un autre genre de perméabilité apparente μ_n selon la théorie

(1) $$\mu_k=\sqrt{\mu^2+\rho'^2}+\rho' \quad \text{et} \quad \mu_n=\sqrt{\mu^2+\rho'^2}-\rho'.$$

Le coefficient ρ' avec la perméabilité μ sert à déterminer l'induction

(1) Séance du 11 octobre 1926.
(2) *Ann. d. Physik*, 58, 1919, p. 105.
(3) *Zeitschr. f. Physik*, 28, 1924, p. 11.
(4) *Ann. d. Physik*, 45, 1914, p. 133.
(5) *Ann. d. Physik*, 75, 1924, p. 426.

magnétique retardée sur le champ magnétique sinusoïdal; $\rho' = 2\rho T$ où ρ désigne la conductivité magnétique et T la période.

2. Dans le but d'expliquer les particularités de variation avec la longueur d'onde des grandeurs μ_k, μ_n, μ etc., j'ai développé (¹) la théorie qui a pour base l'hypothèse de la résonance des aimants élémentaires de Weber et qui est analogue à la théorie ordinaire de la dispersion et de l'absorption optiques.

Soit λ_0 la longueur d'onde propre des aimants élémentaires, θ la mesure de l'amortissement des oscillations propres des aimants et x_∞ le coefficient partiel de polarisation, c'est-à-dire le degré de participation des aimants de l'onde propre λ_0 dans la polarisation totale de la matière par le champ constant; à l'aide de ces coefficients il est possible de calculer les valeurs de μ et ρ avec les formules suivantes, qui découlent de la théorie des vibrations des aimants élémentaires (¹)

$$(2) \qquad \mu = 1 + \frac{m(1-\nu^2)}{\Theta^2\nu^2 + (1-\nu^2)^2}, \qquad \rho = \frac{1}{2T}\,\frac{m\Theta\nu}{\Theta^2\nu^2 + (1-\nu^2)^2}$$

où

$$= \frac{\lambda_0}{\lambda} \quad \text{et} \quad m = 4\pi k_\infty.$$

3. Des formules analogues à (2) donnent le coefficient diélectrique ε et la grandeur spéciale ν, qui permettent de calculer le coefficient d'absorption de la lumière k et son indice de réfraction n.

Sur la figure les courbes f caractérisent les bandes d'absorption sélective des ondes hertziennes dans le métal ferromagnétique et la courbe K la bande d'absorption sélective de la lumière dans la solution de couleur rose bengale (²). La grandeur K est égale à

$$10^{-4}\frac{\sigma}{\lambda^3} = 10^{-4}.2n\frac{k}{\lambda^3} \quad \text{et} \quad f = \frac{\mu_k}{\lambda}.$$

Sur la figure sont toujours portés en abscisses $\log\lambda$. Les points représentent partout les valeurs expérimentales.

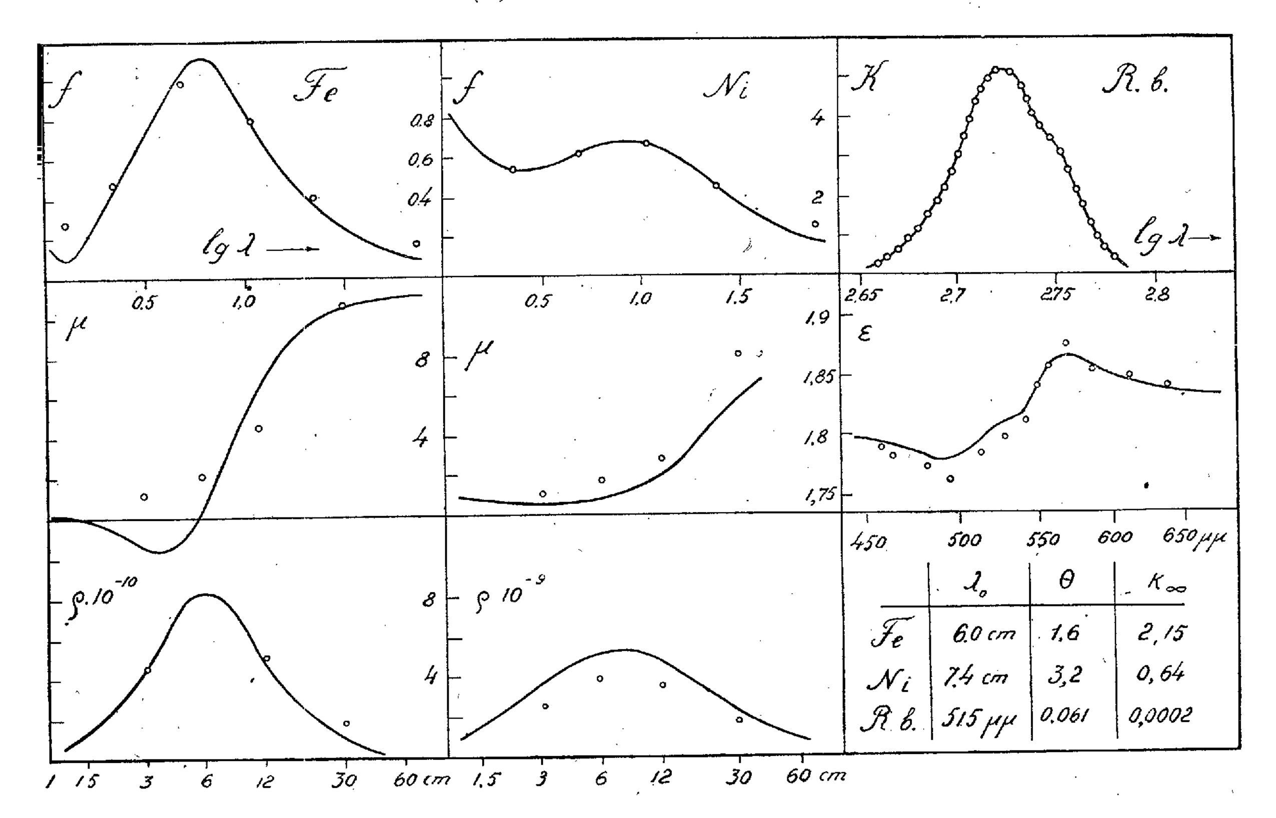
Les courbes expérimentales des grandeurs f et K, à l'aide des règles d'analyse des courbes spectrales (³), ont permis de chercher pour les trois

(¹) *Phys. Zs.*, **14**, 1913, p. 928; *Ann. d. Physik*, **65**, 1921, p. 643; **66**, 1921, p. 130; *Zeitschr. f. Physik*, **38**, 1926, p. 908.

(²) Bern. J. Van der Plaats, *Ann. d. Physik*, **47**, 1915, p. 429.

(³) *Zeitschr. f. Physik*, **27**, 1924, p. 37.

substances les paramètres λ_0, θ et k_∞ indiqués sur la table. La bande de rose bengale offre une réunion de trois bandes élémentaires et de trois systèmes de paramètres, dont l'un est donné sur la table. D'après ces paramètres selon les formules (2) ont été calculées et construites les courbes f



et K d'absorption ainsi que les courbes d'autres grandeurs μ, ρ et ε, portées également sur les diagrammes. Les valeurs expérimentales de ε sont calculées d'après la relation $\varepsilon = n^2$ qui a ici une exactitude suffisante.

Nous constatons que, dans tous ces cas, les points se rapprochent fort des courbes théoriques. On peut considérer ce fait comme une preuve de la proximité à la réalité de la supposition de résonance des éléments structuraux de la matière, en particulier de la résonance des aimants élémentaires.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre continu du mercure.* Note [1] de M. H. VOLKRINGER, présentée par M. A. Cotton.

De nombreux auteurs ont signalé l'existence de spectres continus de gaz et de vapeurs, soit en émission, soit en absorption. En particulier la vapeur de mercure, sous certaines conditions, est susceptible d'émettre un spectre continu s'étendant du rouge à la raie de résonance 2536 [2] A. La partie visible de ce spectre a fait déjà l'objet d'études qualitatives de la part de C. D. Child [3]. Il m'a paru intéressant, en vue d'applications ultérieures, d'obtenir des données quantitatives et notamment de déterminer la courbe de la répartition de l'énergie en fonction de la longueur d'onde. Dans ce but j'ai utilisé la décharge oscillante dans un enroulement inducteur entourant un tube sous électrodes.

Le tube, en pyrex, vidé avec toutes les précautions habituelles, contenait une goutte de mercure et était entièrement situé dans un four à température connue.

Le spectre continu, qui apparaît vers 140° (tension de vapeur du mercure $0^{mm},75$), a son intensité maxima vers 240° (tension de vapeur du mercure 35^{mm}). En outre il est préférable que la capacité du circuit oscillant soit faible : $\frac{2}{1000}$ μf environ, ainsi que l'excitation qui correspondra, par exemple, à une distance de 1^{mm} entre les boules de l'éclateur. L'intensité relative du spectre continu par rapport à celles des raies d'arc est d'autant plus considérable que l'excitation est plus faible. Dans les meilleures conditions on obtient un spectre continu intense sur lequel se détachent faiblement les raies d'arc.

La détermination de la répartition de l'énergie a été faite par comparaison avec l'énergie émise par un corps noir à 1520° C. La température était déterminée au moyen d'un pyromètre optique. Le corps noir était constitué par un cylindre de platine chauffé électriquement et fendu le long d'une génératrice. Dans ces conditions H.-E. Ives [4] a montré que le rayonnement émis dans une direction faisant un angle de 5° avec le plan

---

[1] Séance du 3 novembre 1926.

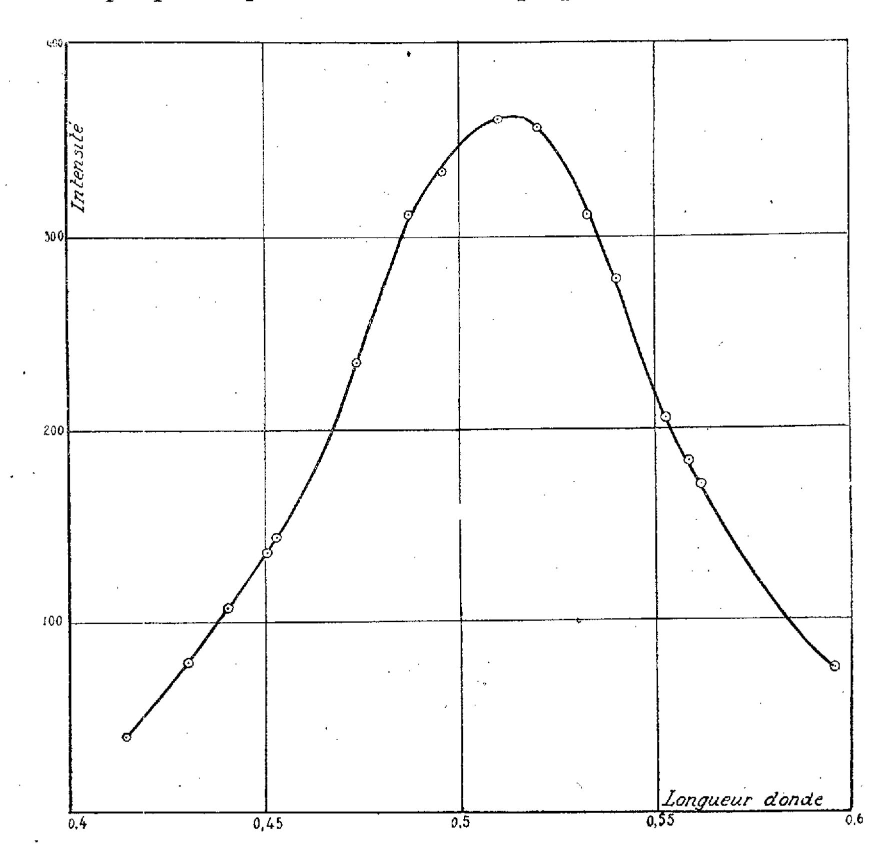
[2] LORD RAYLEIGH, *Roy. Soc. Proc.*, A, 111, 1926, p. 456.

[3] *Astrophysical Journal*, 55, 1922, p. 329.

[4] H.-E. IVES, *Journal of the Franklin Institute*, 197, 1924, p. 147.

déterminé par la fente et l'axe du cylindre, est identique au rayonnement du corps noir à moins de 1 pour 100 près.

Utilisant une méthode de photométrie photographique, j'ai formé sur une même plaque le spectre à étudier et sept spectres du corps noir affaiblis



dans des proportions connues au moyen de polariseurs. Les plaques micro-panchro Lumière utilisées ont été ensuite étudiées au moyen du microphotomètre enregistreur de MM. Lambert et Chalonge ([1]).

Calculant l'énergie émise par le corps noir au moyen de la loi de Planck, j'ai pu déterminer la répartition d'énergie dans le spectre étudié.

On voit que la courbe présente un maximum accusé au voisinage de $\lambda = 0^{\mu},512$ et décroît presque symétriquement de part et d'autre. Il est

---

([1]) Lambert et Chalonge, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 924, et *Rev. d'Opt.*, 5, 1926, p. 404.

remarquable de constater que la longueur d'onde de ce maximum est sensiblement égale au double de la longueur d'onde de la raie de résonance qui joue probablement un rôle fondamental dans la production de ce spectre continu.

Si l'on cherche à comparer cette courbe avec la courbe obtenue en prenant un corps noir ayant son maximum à $0^{\mu},512$ (température 5700) on trouve que la courbe ci-dessus est entièrement en dessous de la courbe du corps noir : cette dernière ayant une décroissance bien moins rapide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la chaleur sur les propriétés superficielles du kaolin.* Note [1] de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On sait que la kaolinite se décompose vers 500° en perdant son eau de constitution ; après cette déshydratation elle est plus facilement soluble aux acides. Aux environs de 900°, elle éprouve un nouveau changement et devient inattaquable [2]. D'autre part, le kaolin naturel contient toujours une certaine quantité d'eau hygroscopique qui ne peut être éliminée que par chauffage prolongé à 130°, ou plus rapidement à 250°.

Je me suis proposé de rechercher si ces diverses transformations étaient accompagnées de changements dans les propriétés superficielles. Partant de kaolin lavé, j'en ai formé quatre échantillons qui ont été soumis aux traitements suivants : échantillon n° 1, aucun traitement; échantillon n° 2, chauffage pendant deux heures à 250° ; échantillon n° 3, chauffage pendant deux heures à 550-600° ; échantillon n° 4, chauffage pendant deux heures à 950-1000°. J'ai ensuite procédé à diverses déterminations.

1° Adoptant une méthode indiquée par M. Marcel Guichard, j'ai étalé sur des verres de montres de petites quantités des quatre échantillons. Ces verres de montres ont été placés sous une cloche en présence d'un excès d'iode. Au bout de deux jours, les échantillons 1 et 2 avaient pris une coloration jaune paille, les échantillons 3 et 4 restant incolores. Au bout de dix jours, les échantillons 1 et 2 étaient devenus jaune brun, les échantillons 3 et 4 jaune paille. Le pouvoir absorbant vis-à-vis de l'iode avait donc diminué sous l'effet du chauffage.

---

(1) Séance du 3 novembre 1926.

(2) H. Le Chatelier, *La silice et les silicates*, p. 457, Paris, 1914.

2° Un gramme de kaolin était mis en présence de 50^{cm^3} d'une solution de bleu de méthylène à $0^g,1$ par litre et le tout était agité pendant deux heures. Avec les échantillons 1 et 2 la décoloration était totale. Avec les échantillons 3 et 4 les solutions restaient colorées et le rapport des intensités de coloration mesurées au colorimètre était donné par la relation $\frac{I_4}{I_3} = \frac{50}{7}$.

Dans une seconde expérience un gramme des échantillons 1 et 2 étaient mis au contact de 100^{cm^3} de liquide ; les solutions restaient légèrement colorées après deux heures d'agitation et le rapport des colorations donné par la relation $\frac{I_2}{I_1} = \frac{36}{34}$.

Ces résultats confirment et complètent ceux qui ont été indiqués au paragraphe précédent.

3° J'ai comparé les chaleurs d'humectation des quatre échantillons par l'eau et par une solution ammoniacale à une molécule au litre. Pour cela, je versais rapidement 5^g de poudre dans un récipient bien isolé où avait été préalablement introduit un thermomètre calorimétrique plongeant dans 5^{cm^3} de liquide. Je lisais les élévations de température ainsi produites, qui sont consignées dans le tableau suivant :

Échantillon.	Eau.	Ammoniac.
	°	°
1	0,130	0,245
2	0,165	0,270
3	0,090	0,210
4	0,070	0,060

4° 5^g des échantillons 1, 3 et 4 étaient délayés avec 10^{cm^3} d'eau distillée, les suspensions étaient abandonnées dans des tubes gradués et au bout de cinq jours je lisais le volume V occupé par le solide imbibé d'eau et le volume V′ du liquide surnageant. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Échantillon.	V.	V′.	$\frac{V'}{V}$.
	cm³		
1	9,00	2,75	30 pour 100
3	8,50	3,25	38 »
4	8,00	4,00	50 »

Le volume de la couche liquide augmentant constamment, la capacité d'imbibition est réduite par le chauffage.

La même expérience répétée avec une solution normale d'ammoniac a fourni les résultats suivants :

	V.	V'.	$\frac{V'}{V}$ (pour 100).
Échantillon 1.........	6,50	5,50	84
» 3.........	7,00	5,00	71
» 4.........	7,50	4,00	53

Avec les échantillons 1 et 3 le liquide surnageant était trouble, et le volume de la couche liquide plus grand que dans le cas de l'eau pure ([1]). Il n'en est plus de même pour l'échantillon 4 et ceci doit être rapproché des résultats obtenus pour les chaleurs d'humectation.

Enfin dans le cas de l'eau de chaux, les résultats obtenus ont été les suivants :

	V.	V'.	$\frac{V'}{V}$ (pour 100).
Échantillon 1.........	9,75	2,00	20
» 3.........	9,00	2,50	27
» 4.........	9,00	3,00	33

Les rapports $\frac{V'}{V}$ étant pour les trois échantillons plus faibles que dans le cas de l'eau pure, la présence de la chaux augmente la capacité d'imbibition.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Comparaison entre les effets de l'étincelle électrique et la dissociation thermique.* Note ([2]) de MM. **Pierre Jolibois**, **Henri Lefebvre** et **Pierre Montagne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

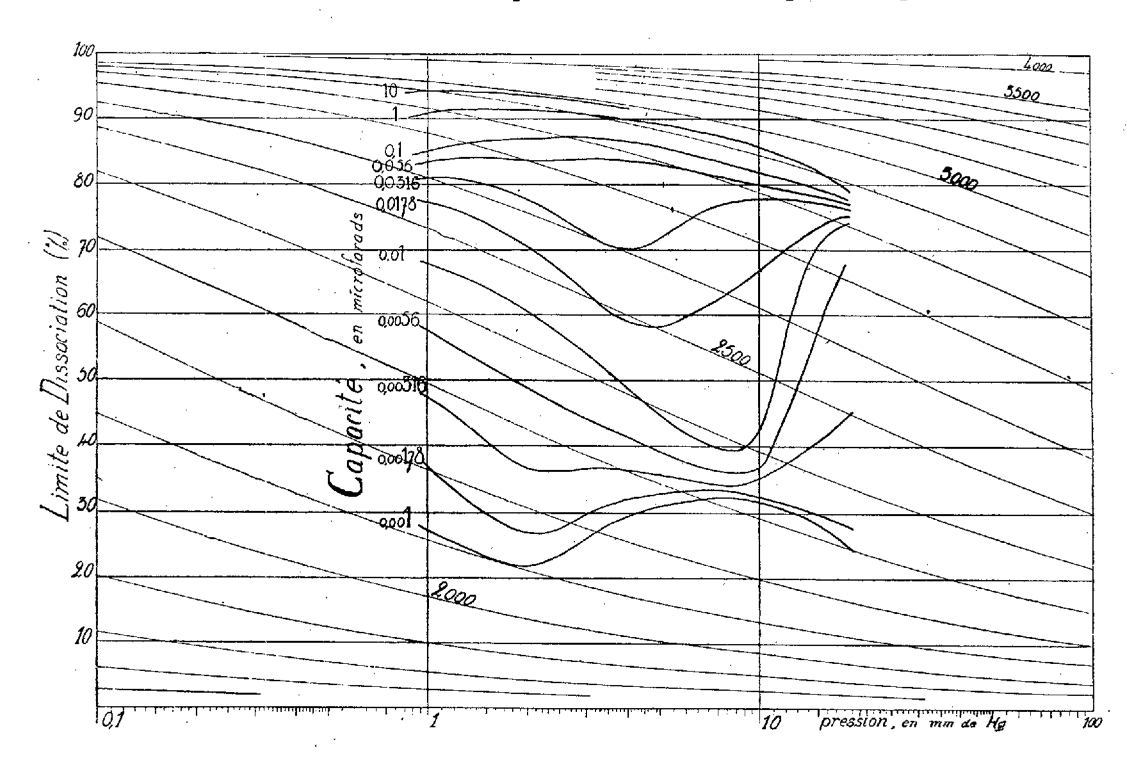
Dans des Notes précédentes ([3]) nous avons donné quelques résultats obtenus en soumettant à l'action de l'étincelle condensée le gaz carbonique sous pression réduite. Nous avons montré en particulier que la capacité du circuit a une grande influence sur l'aspect de l'étincelle et sur la limite de la réaction $2CO^2 = 2CO + O^2$ après passage d'un grand nombre de décharges. Nous avons poursuivi ces études en cherchant comment varie la limite de décomposition en fonction de la pression et de la capacité du condensateur. La courbe ci-après représente les résultats de nos observations.

([1]) Ces faits se rattachent à l'action signalée par Schlœsing qu'exerce l'ammoniac sur la mise en suspension de l'argile.

([2]) Séance du 3 novembre 1926.

([3]) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 608; **182**, 1926, p. 1026 et 1146.

Une ligne continue relie les points obtenus avec des condensateurs de même capacité. Tant que celle-ci dépasse 0,1 microfarad, une augmentation de pression ou une diminution de capacité abaisse le degré de dissociation. Le régime de décharge, dans ces conditions, est le régime symétrique à trait de feu. Au contraire, sous faible pression et avec une petite capacité, on a



le régime dissymétrique (espace obscur); il correspond à une faible dissociation. Lorsque la pression augmente, même avec une petite capacité, le régime à trait de feu tend à s'établir à nouveau, et les courbes indiquent en même temps une augmentation de la dissociation. Les courbes de capacité moyenne correspondent à des décharges passant, au cours d'une expérience, d'un régime à l'autre; le régime à trait de feu est d'autant plus fréquent que la capacité et la pression sont plus élevées. Quand la pression est basse et la capacité faible, nous n'avons trouvé aucun moyen de provoquer à volonté un régime ou l'autre.

Comme les effets de l'étincelle sont analogues à ceux de la dissociation thermique, nous avons jugé utile de les comparer, sans toutefois rien supposer sur le mode d'action de l'étincelle. Nous avons donc tracé le

diagramme de la dissociation thermique en nous servant de l'équation d'équilibre chimique ([1]) :

$$\frac{29600}{T} - 1,75 \log T + 0,00066 T + \log p + \log \frac{\alpha^3}{2(1-\alpha)^2\left(1+\frac{\alpha}{2}\right)} = 4,8.$$

Sous une pression initiale p et un volume donné, du gaz carbonique peut être amené à un degré de dissociation α de deux manières : 1° par le passage d'un grand nombre d'étincelles de décharge d'un condensateur de capacité déterminée c; 2° par l'élévation du gaz à une certaine température T. Par conséquent, à un point du diagramme (p, α, T), on peut faire correspondre un point du diagramme (p, α, c). Il est donc logique de faire correspondre à une capacité donnée c la température T du diagramme thermique. Appelons cette température T température apparente de l'étincelle.

Le diagramme (p, α, c) étant tracé expérimentalement, on peut déduire de sa forme les résultats suivants :

1° A toute pression, la température apparente de l'étincelle croît avec la capacité.

2° Lorsque la capacité est suffisante (au moins 0,1 microfarad) (cas du régime pur à trait de feu), la température apparente de l'étincelle est sensiblement indépendante de la pression. En particulier, pour une capacité de 10 microfarads, elle est voisine de 3000° absolus.

3° Dans le cas d'une très faible capacité (régime dissymétrique pur), la température apparente de l'étincelle est notablement plus basse, tout en restant supérieure à 2000° absolus; ses variations en fonction de la pression ne sont pas simples.

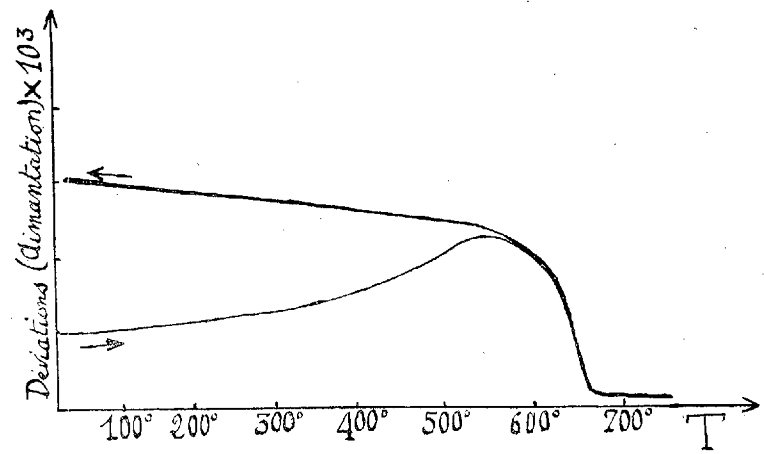
4° Dans le cas d'une capacité moyenne, les deux régimes prennent alternativement naissance, mais pour une capacité donnée, le phénomène à trait de feu est d'autant plus fréquent que la pression du gaz est plus forte.

([1]) Les courbes qui traduisent cette équation (courbes en trait fin) sont obtenues en représentant à températures égales le degré de dissociation en fonction de la pression.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Caractères ferromagnétiques du sesquioxyde de fer stable.* Note (¹) de MM. H. FORESTIER et G. CHAUDRON, présentée par M. Le Chatelier.

Le sesquioxyde de fer a un très faible coefficient d'aimantation, il est classé dans le groupe des corps paramagnétiques; nous avons cependant observé que la valeur de ce coefficient varie avec les traitements thermiques et magnétiques subis par l'échantillon, propriété qui le rapproche des corps ferromagnétiques.

Nous avons étudié comment varie le coefficient d'aimantation du sesquioxyde de fer en fonction de la température au moyen de l'appareil thermomagnétique enregistreur précédemment décrit (²). Si l'on part d'un oxyde vierge de toute aimantation (courbe 1), son coefficient croît avec



Courbe 1. — Aimantation du sesquioxyde de fer, sensibilité de l'appareil environ 1000 fois plus grande que dans les expériences suivantes.

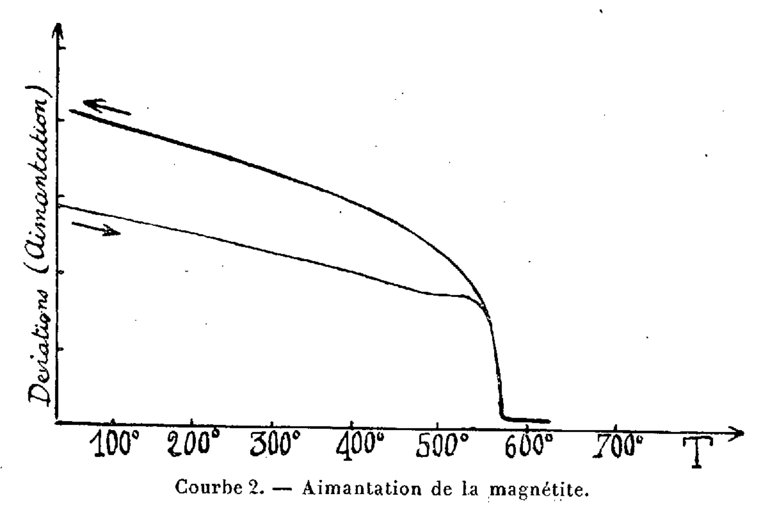
la température jusque vers 600°, puis on observe une diminution brusque se terminant à 675°, transformation magnétique déjà signalée par nous dans une étude antérieure (³). La courbe de refroidissement se sépare de la

(¹) Séance du 3 novembre 1926.

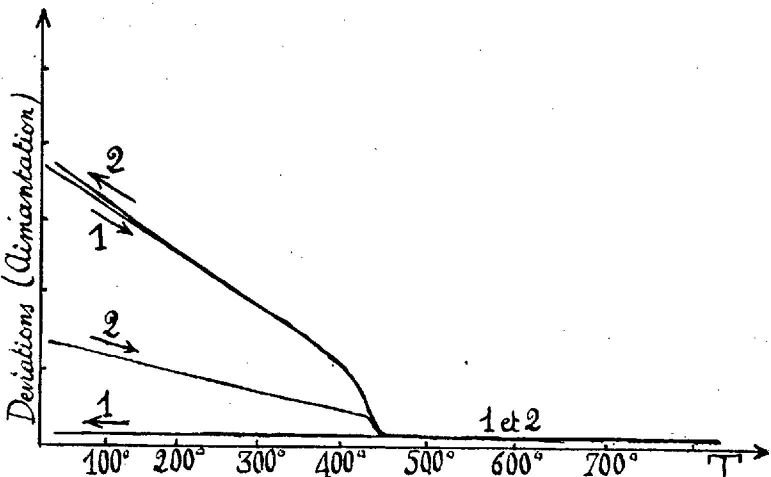
(²) H. FORESTIER et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 777.

(³) G. CHAUDRON et H. FORESTIER, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 763 et aussi H. FORESTIER et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 509.

courbe d'échauffement au-dessous de 600° et le coefficient d'aimantation croît jusqu'à la température ordinaire où il est alors beaucoup plus grand qu'au départ. En renouvelant l'expérience sur le même échantillon, on obtient une courbe rigoureusement réversible qui est superposable à



Courbe 2. — Aimantation de la magnétite.



Courbe 3. — Aimantation du ferrite de baryum. Cycle n° 1. On part du ferrite aimanté à chaud, le refroidissement se fait en l'absence du champ magnétique. Cycle n° 2. Chauffage et refroidissement du ferrite précédent dans le champ magnétique.

la courbe de refroidissement de la première expérience; de plus l'échantillon d'oxyde de fer est polarisé, en le faisant pivoter dans la nacelle de 180° on obtient des déviations du spot lumineux égales et de signes contraires. On peut détruire l'aimantation ainsi acquise et revenir à la valeur initiale

par chauffage au delà de 675° et refroidissement sans champ magnétique.

On observe aussi une augmentation très nette du coefficient d'aimantation en opérant dans les mêmes conditions avec la magnétite (courbe 2) ou avec les ferrites, par exemple le ferrite de baryum (courbe 3);

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques recouvrements électrolytiques de l'aluminium et des alliages légers, leur adhérence et leur résistance à la corrosion à l'eau de mer.* Note [1] de MM. **Jean Cournot** et **Jean Bary**, présentée par M. Rateau.

Il y a lieu de chercher à protéger l'aluminium et les alliages légers contre la corrosion à l'eau de mer.

Nous avons étudié, sur aluminium et duralumin, les dépôts électrolytiques de cadmium, cobalt et chrome après recouvrement initial de cuivre. Nous avons également réalisé du cadmiumage direct sur duralumin.

La question du décapage initial est évidemment l'un des plus gros écueils de ce genre de traitement; après avoir essayé successivement le sablage (préconisé par M. Léon Guillet) et diverses actions chimiques, nous avons adopté un sablage suivi d'un lavage à l'eau, d'un passage rapide (5 secondes environ) dans un bain d'acide nitrique à 18° B., enfin d'un second rinçage à l'eau; il faut éviter soigneusement de mettre l'éprouvette au contact de l'air avant immersion dans l'électrolyte. Pour certaines éprouvettes, le lavage à l'acide azotique a été remplacé par un passage dans le bain suivant : bicarbonate de soude 10^{g}, eau distillée 1000^{cm^3}, chlorure de sodium, saturation à 15°; les résultats ont été tout à fait comparables.

Les compositions de bains électrolytiques et les conditions de dépôt auxquelles nous nous sommes arrêtés sont les suivantes.

Cuivrage (anode soluble). — Bain au sulfate : eau distillée, 1000^{cm^3}; acide sulfurique, 66° B., 100^{g}; sulfate de cuivre saturation à 15°. Intensité : 1 amp/dm². Température : 15°. Durée et épaisseur du dépôt : 30 minutes, $0^{mm},013$. Dans certains cas la durée a été réduite à 5 minutes.

Cadmiumage (anode soluble). — Carbonate de cadmium fraîchement préparé à partir de 14^{g} de sulfate de cadmium ; cyanure de potassium, 35^{g} ; eau distillée, 1000^{cm^3}. Intensité : de 0,8 à 0,4 amp/dm² du début à la fin de l'opération. Température : 15°. Durée et épaisseur du dépôt : 40 minutes, $0^{mm},012$.

---

(1) Séance du 3 novembre 1926.

Cobaltage (anode soluble). — Sulfate double de cobalt et d'ammonium, 175g; eau distillée, 1000cm³. Intensité : 2 amp/dm². Température : 15°. Durée et épaisseur du dépôt : 40 minutes, 0mm,012.

Chromage (anode insoluble de plomb). — Oxyde de chrome Cr^2O^3, 15g,6 ; acide chromique, 50 à 60g ; eau distillée, 1000cm³. Densité du bain : 12 à 15° B. Intensité : 8 à 15 amp/dm². Température : 40 à 45°. Temps et épaisseur du dépôt : 45 minutes, 0mm,07 à 0mm,08.

Nous avons obtenu, avec tous ces dépôts, des adhérences très satisfaisantes chaque fois que les précautions de manipulation et de décapage ont été rigoureusement observées. Les résultats obtenus par emboutissage de tôles (conditions d'essais conformes aux prescriptions de l'Aéronautique française) peuvent se résumer comme suit (épaisseur des tôles : $\frac{16}{10}$ de millimètre) :

Le *cuivrage* seul de l'aluminium donne d'excellentes adhérences; les flèches d'emboutissage ont été poussées jusqu'à 10mm; il n'y a pas d'écaillage du dépôt. Sur duralumin, l'adhérence du cuivre est un peu moins bonne; il y a parfois un léger écaillage entre 7mm et 7mm,5 de flèche d'emboutissage, alors que la tôle elle-même, dans cette épaisseur de $\frac{16}{10}$, crique vers 8mm.

Le *cobaltage* après cuivrage normal et le *chromage* après cuivrage léger (6 à 10 minutes seulement) ont présenté, sur aluminium et duralumin, une bonne tenue à l'emboutissage.

Le *cadmiumage* sur aluminium, après cuivrage léger, donne une très bonne tenue; par contre, sur duralumin, ce traitement entraîne de mauvais résultats (écaillage pour 4mm de flèche environ); mais, sans cuivrage, le cadmiumage direct sur duralumin conduit à une excellente adhérence, la couche déposée ne criquant jamais avant le métal lui-même.

Enfin nous avons essayé la résistance de tous ces dépôts à la corrosion par l'eau de mer artificielle (composition : NaCl, 30g; SO^4Mg, $7H^2O$, 5g; $MgCl^2$, $6H^2O$, 6g; SO^4Ca, $2H^2O$, 1g,5; CO^3NaH, 0g,2. Eau distillée, 1000cm³). L'attaque est généralement plus prononcée à la ligne d'affleurement du liquide sur l'éprouvette, celle-ci n'étant pas complètement immergée; le tableau ci-après résume les résultats :

Nature du recouvrement.	Sur aluminium, tenue		Sur duralumin, tenue	
	au niveau du bain.	dans la partie immergée.	au niveau du bain.	dans la partie immergée.
Cu-Co....	tr. mauvaise	bonne	tr. mauvaise	bonne
Cu-Cd....	mauvaise	bonne	mauvaise	bonne
Cu-Cr....	bonne	bonne	moyenne	moyenne

Des essais de corrosion dans l'eau de mer naturelle, avec émersions et immersions répétées, sont en cours.

Nous avons d'autre part remarqué dans certains cas un durcissement intéressant de la surface dû au dépôt; les facteurs de ce phénomène comprenant aussi bien les caractéristiques d'électrolyse que la dureté propre du métal déposé; nous avons entrepris une série d'essais d'usure pour chercher à chiffrer la résistance au frottement.

CHIMIE MINÉRALE. — *La cémentation du fer par le chlorure de silicium.* Note (¹) de M. **A. Sanfourche**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le chlorure de silicium est réduit à haute température par le fer, en formant du chlorure ferreux et libérant du silicium qui reste uni au fer. On a préparé par cette méthode des alliages définis : Frémy, en 1865, a obtenu le composé FeSi (33,4 Si pour 100), Vigouroux Fe^2Si (20,1 Si pour 100). Étant donné le résultat cherché, l'un et l'autre utilisaient du fer dans un grand état de division. Dans le but tout différent de réaliser une cémentation sans contact solide, nous avons au contraire étudié l'action du chlorure de silicium sur le fer compact, sous forme de barres cylindriques de 1^{cm} de diamètre en acier doux (C = 0,2 pour 100).

Dans une première série d'essais, le chlorure de silicium maintenu à 40° émettait des vapeurs qui étaient entraînées par un courant d'azote sur les barres chauffées dans un tube de silice. Une réaction se manifeste vers 800°, donnant naissance à une couche superficielle d'un alliage fer-silicium, dont l'épaisseur va croissant avec l'élévation de la température et la durée de l'expérience. Nous avons ainsi obtenu des dépôts dont l'épaisseur mesurée en millimètres est la suivante :

Durée.	900°.	1000°.	1100°.
30 minutes..........	0,3	»	0,6
1 heure 30 minutes....	0,5	0,6	0,9
2 heures 30 minutes...	0,7	1,3	1,2
3 heures 30 minutes...	0,7	2,0	»

Dans une deuxième série d'essais, l'entraînement des vapeurs de chlorure de silicium a été effectué par l'hydrogène; l'action est alors plus intense,

(¹) Séance du 3 novembre 1926.

mais moins régulière :

Durée.	1000°.	1050°.	1100°.	1150°.
1 heure.........	1,2	»	»	»
2 heures........	1,3	1,5	2,2	1,5
3 heures........	1,6	1,8	1,8	2,7

L'examen microscopique montre la couche d'alliage nettement distincte du métal non altéré. Elle en est séparée, lorsque le traitement a eu lieu dans l'azote, par une mince couche très riche en graphite; celui-ci provient de la décomposition de la cémentite eutectoïde sous l'influence du silicium dont l'envahissement progressif chasse le carbone devant lui, ce qui a pour effet de le concentrer à la limite commune des deux régions.

Lorsque la cémentation a eu lieu dans l'hydrogène, il arrive que l'on n'aperçoive pas de graphite entre les deux zones, mais le fait n'est pas général. On peut supposer alors que l'hydrogène, dont l'influence décarburante sur l'acier est connue, provoque l'élimination soit avant, soit après la siliciuration, du carbone de la région transformée. Peut-être faut-il voir dans cette action secondaire la raison de l'effet plus énergique du chlorure de silicium dans l'hydrogène. On pourrait encore admettre une réduction du chlorure de silicium par l'hydrogène en présence du fer agissant comme catalyseur, venant s'ajouter à l'action directe du métal.

Il est à remarquer que la couche d'alliage formée dans nos expériences ne contient jamais plus de 14 pour 100 de silicium, même quand la cémentation a été poussée jusqu'à cœur; or, le composé Fe^3Si renferme 14,34 pour 100 de silicium. Dans une étude antérieure sur les ferrosiliciums [1], nous avions trouvé vers cette teneur le lieu de rencontre de deux solutions solides, et nous avions signalé la formule Fe^3Si, sans toutefois la présenter comme celle d'une combinaison définie. On ne pouvait qu'en soupçonner l'existence d'après celle du corps $(FeMn)^3Si$, isolé du silicospiegel par Carnot et Goutal, puis par Naske; quant à Fe^3Si, ce dernier auteur n'avait pas réussi à l'obtenir pur. On a maintenant de plus fortes raisons de croire à son existence, non seulement en vertu des observations ci-dessus, mais aussi de celles de M. Guillet [2] qui, en étudiant la cémentation par contact direct du fer avec le ferrosilicium, a remarqué que la

---

(1) *Revue de Métallurgie*, **16**, *Mémoires*, 1919, p. 217.
(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1588.

richesse en silicium de la couche cémentée reste voisine de celle de ce composé (maximum trouvé : 15,5 pour 100). Cette manière de voir est appuyée par d'anciennes expériences de Troost et Hautefeuille [1], qui ont constaté que les siliciures de fer cessent d'être attaqués par le chlorure mercurique humide lorsqu'ils contiennent plus de 14 pour 100 de silicium.

Cette combinaison Fe^3Si viendrait se placer à côté de la cémentite Fe^3C et du composé Fe^3Ti [2], formés par les métalloïdes les plus voisins du silicium.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur deux causes d'erreurs qui interviennent dans le dosage par électrolyse du nickel en présence du fer.* Note [3] de MM. C. **Marie** et J. **Bertheloot**, présentée par M. C. Moureu.

On sait depuis longtemps que l'on peut simplifier ce dosage en solution ammoniacale sans séparer au préalable l'oxyde de fer précipité. Les travaux publiés sur cette question ne donnent que peu de renseignements sur la précision de la méthode, surtout en ce qui concerne ses possibilités d'application à toute l'échelle des alliages utilisés dans l'industrie.

Au cours d'une étude systématique de cette séparation, nous avons été amenés à constater qu'elle présente deux causes d'erreur : une par défaut et l'autre par excès.

1° Le précipité d'hydrate de sesquioxyde de fer retient du nickel, et cette erreur par défaut l'emporte sur l'autre pour les fortes teneurs en nickel.

2° L'hydrate de sesquioxyde de fer est réduit à la cathode et du fer se dépose avec le nickel [4]. Cette erreur par excès est surtout importante dans le cas de faibles teneurs en nickel.

On conçoit que, dans la pratique, il puisse arriver que ces deux erreurs se compensent; la méthode peut fournir alors des résultats qui ne sont exacts qu'en apparence.

Nous donnons ci-dessous à titre d'exemple quelques résultats :

---

(1) *Comptes rendus,* 81, 1875, p. 264.

(2) Lamort, *Ferrum,* 11, 1914, p. 225, et *Revue de Métallurgie,* 13, *Extraits,* 1916, p. 80.

(3) Séance du 3 novembre 1926.

(4) Dans une solution à 7 pour 100 de fer, précipitée par l'ammoniaque et contenant du sulfate d'ammoniaque, la quantité de fer réduit atteint, par exemple, $0^g,004$ en 4 heures et augmente d'une manière continue si l'on prolonge l'électrolyse.

Conditions expérimentales : solution des sulfates additionnée d'un excès d'ammoniaque (température, 50°). Densité de courant, 2 ampères par décimètre carré. (surface de la cathode, 50$^{cm^2}$ environ).

Poids théorique de nickel : 0^{g},0770.

Ni pour 100.	Ni obtenu.	Différence.
95,00	0,0765	—0,0005
66,66	0,0756	—0,0014
-	-	-
25,00	0,0803	+0,0033
16,66	0,0881	+0,0111

Pour réduire au minimum l'adsorption du nickel par l'hydrate ferrique nous l'avons déplacé au moyen de l'ion magnésium en nous basant sur les observations récentes de M. Charriou (1), qui a montré que l'on peut ainsi déplacer un ion adsorbé par un ion de même valence ou de valence supérieure.

La quantité d'ion magnésium ajoutée correspondait à 1^{g} de sulfate.

Les résultats obtenus sont les suivants (Ni 20 pour 100. Poids théorique 0^{g},282) :

	Ni déposé.	Différence.
Sans Mg................	0,2795	—0,0027
Avec Mg................	0,2822	+0,0002

[Le léger excès observé est dû, ainsi que d'autres expériences le montrent, à une trace de magnésium (?) ou de magnésie (?) contenue dans le nickel déposé.]

Pour supprimer la seconde cause d'erreur (réduction du sesquioxyde de fer) il suffit d'empêcher le contact de l'hydrate ferrique avec la cathode par un diaphragme (un sac en papier-filtre).

En combinant les deux méthodes on obtient les résultats suivants (Ni 20 pour 100) :

Poids théorique de Ni.			Différence.
0,0784	Avec Mg et diaphragme	0,0780	—0,0004
0,0940	Sans Mg et sans diaphragme	0,1026	+0,0086

Ces chiffres montrent l'efficacité de la méthode.

Cependant quand il s'agit de très faibles teneurs en nickel pour avoir un poids suffisant de métal, il faut prendre une prise d'essai telle que la

(1) *Journal de Chimie physique*, 23, 1926, 621.

bouillie obtenue est trop épaisse pour se prêter à l'électrolyse avec diaphragme. Dans ce cas on opère une première séparation en présence de magnésium. On obtient un nickel impur que l'on redissout et l'électrolyse donne alors des résultats suffisamment exacts.

Les nombreuses déterminations effectuées, les détails opératoires et l'application aux différents cas de la pratique, seront donnés dans un autre Recueil ainsi que la bibliographie de la question.

GÉOLOGIE. — *L'étude géologique du littoral flamand aux environs de Gravelines.* Note [1] de M. **Georges Dubois**, présentée par M. Ch. Barrois.

Près de Gravelines le littoral est bordé par une série de bourrelets littoraux sableux marquant les étapes successives du recul de la mer depuis le IXe-Xe siècle. Certains d'entre eux sont très nets; d'autres, quoique moins apparents, ont été reconnus par M. R. Blanchard [2]; d'autres enfin, très érodés, n'avaient pas été signalés jusqu'à présent. Ces bourrelets consistent en dunes plus ou moins érodées, en bancs sableux naturels ou en cordons littoraux bordant des digues artificielles.

Au cours des années 1925-1926 j'ai levé à l'aide de la sonde les contours de ces bourrelets littoraux. Dans la présente Note, je ferai connaître la technique que j'ai employée à cet effet.

I. Lorsque le bourrelet littoral est *très apparent*, son étude n'offre aucune difficulté : il suffit de se rendre compte s'il est naturel ou artificiel.

II. Lorsque le bourrelet littoral est *très érodé*, sa présence ne peut être mise en évidence, à défaut de carrières ou d'excavations, que par des sondages.

Les bourrelets littoraux de la région de Gravelines ne dépassent guère $1^{m},50$ à 2^{m} d'épaisseur. Une épaisseur plus grande ne peut être due qu'à l'adjonction d'une couverture de sables éoliens facile à reconnaître. D'autre part sous les sables littoraux on rencontre constamment soit des dépôts d'estran, soit des dépôts poldériens et plus profondément encore des sables gris bleu mouillés. Il suffit donc ici de sonder à une profondeur de $1^{m},50$ à 2^{m}.

Pour interpréter les résultats du sondage, il y a lieu de faire appel aux

(1) Séance du 26 octobre 1926.

(2) R. Blanchard, *La Flandre*, 1906, p. 204-208.

caractères *lithologiques* des échantillons ramenés et, chaque fois qu'il est possible, à leurs caractères *paléontologiques*.

Caractères lithologiques. — Le sable des bourrelets littoraux de la région de Gravelines contient parfois de très petits graviers, jamais de galets. Il est jaunâtre, formé essentiellement de grains de quartz bien roulés de $0^{mm},150$ à $0^{mm},600$ de diamètre moyen; il s'y adjoint des grains de silex roulés, des fragments de coquilles et de la glauconie, de même calibre, ainsi que des grains de quartz de fin calibre ($0^{mm},010$ à $0^{mm},050$, par exemple) en très faible proportion et des particules argileuses très rares. Les plus anciens bourrelets littoraux (tels que ceux de Oye, de Loon, des Synthe), qui ont d'ailleurs subi d'importants remaniements d'origine éolienne, sont formés du même sable appauvri en débris de coquilles et en glauconie, enrichi en grains de quartz de fin calibre et en particules argileuses (enrichissement d'origine éolienne).

Les dépôts sableux d'*estran* se distinguent aisément des sables des bourrelets littoraux; ils sont en effet constitués par des lames alternantes (de quelques centimètres d'épaisseur au maximum) de sable et d'argile sableuse. Les dépôts sableux de *polder* sont formés de sable dont les grains de quartz dépassent rarement le calibre moyen de $0^{mm},250$; les grains de quartz de fin calibre et les particules argileuses y sont toujours en forte proportion. Quant aux sables *éoliens* couvrant les polders en arrière des dunes, ils n'offrent guère une épaisseur supérieure à $0^{m},50$; ils contiennent rarement des coquilles; ils sont formés de grains de quartz de calibre très peu homogène et sont riches en particules argileuses.

Caractères paléontologiques. — Le sable des bourrelets littoraux est généralement fossilifère. Les coquilles qu'on y rencontre (toutes espèces vivant d'ailleurs dans la mer du Nord) ne s'y trouvent jamais en position de vie. Ce sont particulièrement des *Donax*, *Mactra*, *Tellina*, *Cardium*, dont les valves sont dépareillées et des Gastéropodes à coquilles arrondies (*Natica*, *Nassa*, *Purpura*, *Buccinum*, *Scalaria*, *Hydrobia*).

Ces Gastéropodes qui, grâce à leur forme, donnent facilement prise à l'action de l'eau, sont amenés au littoral par les faibles lames qui viennent y mourir, alors que les autres coquilles échouent plus souvent sur le large estran plat qui s'étend au pied du bourrelet littoral.

Ces Gastéropodes peuvent manquer; mais leur accumulation en grand nombre est toujours un indice très précieux du passage d'une ligne littorale.

Les dépôts d'*estran* contiennent les mêmes fossiles, mais les Gastéropodes à coquille

arrondie y sont relativement rares. Les dépôts de *polder* sableux ne contiennent guère que *Cardium*, *Tellina* et *Hydrobia*, souvent en position de vie; les dépôts de polder argileux contiennent en outre *Scrobicularia* très fréquemment en position de vie. Les *dunes* recouvrant les bourrelets littoraux contiennent les mêmes coquilles que les sables sous-jacents mais en plus faible proportion; il s'y adjoint toujours de nombreux *Helix*.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'une vaste région volcanique dans la plaine inférieure de la Moulouya (Maroc septentrional).* Note ([1]) de M. **P. Russo**, transmise par M. Ch. Depéret.

La région encore inexplorée située au nord-ouest du confluent du Msoun et de la Moulouya et dont le massif montagneux le mieux individualisé est le Djebel Guiliz est surtout une plaine presque horizontale. Près de ces deux cours d'eau, elle est formée d'alluvions quaternaires à éléments tantôt détritiques roulés, tantôt limoneux, tirant leur origine des calcaires jurassiques du massif du Guiliz et des montagnes voisines, et des laves de ces mêmes montagnes. En s'éloignant du Msoun et de la Moulouya vers le Nord-Ouest, la plaine devient peu à peu moins horizontale et se couvre de cailloutis mal roulés. Plus loin encore la pente s'accuse et, très vite, devient abrupte, aboutissant aux pentes escarpées du Guiliz.

Ces escarpements sont formés sur tout le pourtour du massif, et au loin dans toutes les directions, soit de coulées de laves dont subsistent des témoins sous forme de plateaux étendus, soit de pitons souvent très peu érodés, soit de dykes dont les aspects bizarres leur ont fait donner par les officiers qui ont parcouru ce pays, les noms de Têtes de rhinocéros, Clocheton, etc. La partie haute des montagnes et quelques parties des flancs sont formées de calcaire gréso-marneux dans lesquels je n'ai pu jusqu'à présent, par suite d'un passage trop rapide, trouver de fossiles, mais ils présentent le faciès des calcaires du Jurassique supérieur de la région volcanique d'Oudjda. Les échantillons de laves et de roches volcaniques recueillis appartiennent aux basaltes leucitiques et aux labradorites comme les roches d'Oudjda.

Les terrains sous-jacents aux cailloutis de la plaine, dans les parties où celle-ci commence à se relever, sont des argiles vertes et grises de l'Helvétien, recouvertes par les assises à *Ostrea crassissima* Lmk qui se

([1]) Séance du 3 novembre 1926.

poursuivent dans toute la région. La plaine porte le nom de Djel. Sa nature alluviale et volcanique en fait une région actuellement désertique, mais où des recherches hydrologiques vont être entreprises.

La surface couverte par les appareils volcaniques, coulées et tufs, est d'environ 300 à 400^{km^2}. Les pitons de Toumiat, Guelb el Bour sont des dykes; ceux du point 591, d'Hadjer el Khorab sont des fragments de coulées (voir feuille *Taourirt*-5 de la carte au $\frac{1}{100000}$ du Service géographique du Maroc). Les laves sont scoriacées dans la plupart des points; le refroidissement en surface semble donc être ici comme à Oudjda, une forme très répandue de consolidation.

L'axe général tectonique du Guiliz est E-O, avec un dispositif de synclinal en relief. L'axe éruptif paraît avoir la même orientation. Cependant certains dykes s'alignent aussi dans le sens N-S. Cette orientation E-O paraît être en continuité avec celle de la région volcanique de Melila. Il me paraît possible que la région volcanique du Djel soit un point de jonction des axes volcaniques d'Angad (Oudjda) et de Melila. Il ne m'est pas possible à l'heure actuelle de déterminer l'âge des éruptions, j'espère y parvenir sous peu.

VOLCANOLOGIE. — *L'évolution du volcan des Kaménis* (*Santorin*) *en* 1926. Note [1] de M. **Const. A. Kténas**, présentée par M. Pierre Termier.

L'activité explosive de Fouqué-Kaméni, après avoir atteint son maximum de violence pendant la première moitié du mois de septembre 1925, a présenté un affaiblissement lent, mais constant, jusqu'au mois de janvier 1926 [2].

Depuis, malgré la variation de l'intensité explosive, l'activité du volcan a continué à s'affaiblir jusqu'à la fin du mois d'avril. Durant ce temps, ce n'est que la période du 11 janvier au 10 février qui se distingue par une activité explosive plus marquée.

Dans la première quinzaine du mois de mai, les explosions deviennent extrêmement faibles. Elles se traduisent par de petites poussées de produits

---

(1) Séance du 3 novembre 1926.

(2) Const. A. Kténas, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 518 et 563, et *Bulletin volcanologique*, **3**, 1926, p. 1.

volatils ayant lieu sans détonations. Cette situation a duré jusqu'à la nuit du 17 au 18 mai, où a commencé la troisième phase explosive.

D'une durée d'environ quatre jours, cette phase vulcanienne se caractérise par des explosions paroxysmales formidables qui, répétées à de courts intervalles, ont donné l'aspect définitif au conodôme de Fouqué-Kaméni. Depuis, à part des dégagements de vapeurs peu épaisses qui ont continué à s'opérer jusqu'à la fin du mois de mai, le volcan des Kaménis, après une activité totale d'environ neuf mois (11 septembre-21 mai), est rentré dans le repos (1).

Au point de vue morphologique, le volcan a subi, pendant 1926, des changements considérables. Le conodôme, ouvert encore, le 9 janvier, du côté de l'Est, a été fermé complètement après la période d'explosivité intense du mois de février. Les bords de son cratère s'élevaient, le 28 avril, jusqu'à une hauteur de 101^m. Par suite de jaillissement de la lave, la carapace des deux branches terminales du volcan et des dômes, poussée de bas en haut, a gagné également, en hauteur, de 10 à 40^m.

Les projections de la dernière phase explosive ont détruit, en partie, le cratère du conodôme. En revanche, elles ont donné naissance à la formation d'un cratère inférieur et de deux autres dépressions cratériformes. Le cratère inférieur occupe le secteur nord du conodôme et se présente sous la forme d'un entonnoir, d'une profondeur d'environ 20^m. Le diamètre de son bord supérieur est de 65^m du NNE au SSO.

Les parois internes du cratère inférieur offrent une zone revêtue de produits de fumerolles. Le 28 juillet, mon assistant, M. Kokkoros, a constaté qu'il s'en dégageait de la vapeur d'eau, de l'acide sulfureux, de l'acide chlorhydrique et de l'acide sulfhydrique. Parmi les produits de fumerolles se trouvent, en grande abondance, l'*alunogène ferrugineux* et *magnésifère* (2), le *soufre* et le *gypse*.

L'éruption de Georgios-Kaméni (1866-1870) se différencie de celle d'aujourd'hui en ce qui concerne la première phase d'activité et la morphologie du dôme central, ainsi que l'intensité des phénomènes explosifs. Pourtant, elle a été terminée par une phase explosive analogue.

---

(1) Malgré la suspension de toute explosion, l'extrémité de la coulée, se dirigeant vers le SSE, progressait encore, le 23 mai, d'une façon bien marquée.

(2) L'*alunogène* de Fouqué Kaméni se présente en petites lamelles. L'extinction atteint 48-52° dans l'angle obtus des axes optiques. Les propriétés optiques paraissent être influencées par la présence du fer.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'extrémité ultraviolette du spectre solaire et la couche d'ozone de la haute atmosphère.* Note [1] de MM. **P. Lambert, G. Déjardin** et **D. Chalonge**, présentée par M. A. Cotton.

Il existe dans la région ultraviolette extrême du spectre solaire, entre 3430 et 3090 Å, de nombreuses bandes d'origine tellurique qui ont été identifiées approximativement par Fowler et Strutt [2] avec les bandes d'absorption de l'ozone. Bien que la présence de l'ozone dans la haute atmosphère soit incontestable [3], il était intéressant de comparer d'une manière plus rigoureuse et détaillée les spectres d'absorption de l'atmosphère et de l'ozone [4].

Au cours de plusieurs séjours à l'Observatoire du mont Blanc, nous avons photographié un grand nombre de fois le spectre solaire ultraviolet dans des conditions qui permettent l'étude photométrique de l'absorption atmosphérique.

L'appareil utilisé est un spectrographe à réseau concave installé sur un mouvement équatorial. Le rayonnement solaire peut être affaibli dans un rapport connu au moyen d'un système de deux prismes de Glan placé contre la fente. Nous avons photographié sur chaque plaque 12 à 15 spectres correspondant à une même durée de pose et à des distances zénithales du Soleil de plus en plus grandes. Les quatre premiers, obtenus au milieu du jour, servent à l'étalonnage du cliché suivant la méthode courante de la photométrie photographique. La position précise des bandes telluriques ne peut être déduite de l'examen direct des spectres, qui renferment, dans la région étudiée, un très grand nombre de raies solaires. Pour repérer exactement les maxima et les minima d'absorption, nous avons utilisé le microphotomètre enregistreur récemment établi par deux d'entre nous [5]. Nous avons effectué sur chaque série d'enregistrements un très grand nombre de mesures, à des intervalles de 1 à 2 Å (soit en moyenne 6 à 7 mesures par millimètre sur les clichés).

---

(1) Séance du 26 octobre 1926.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, 48, 1917, p. 577.

(3) Fabry et Buisson, *Journ. de Phys.*, 3, 1913, p. 196, et 2, 1921, p. 197.

(4) La structure du spectre d'absorption de l'ozone est actuellement bien connue (Fowler et Strutt, Lambrey, Dutheil). M. et Mme Dutheil ont bien voulu nous communiquer leurs déterminations récentes, qui seront publiées prochainement.

(5) Lambert et Chalonge, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 924, et *Rev. d'Opt.*, 5, 1926, p. 404.

Le tableau suivant renferme la liste des longueurs d'onde correspondant aux maxima d'absorption atmosphérique. Il montre qu'il existe un excellent accord entre nos déterminations (première colonne) et les résultats de l'étude directe du spectre d'absorption de l'ozone faite par Fowler et Strutt (¹) (deuxième colonne).

	F. ct S.		F. et S.		F. et S.
3401	3402,6	3296 ?		3199,5	3201,0
3394 ?		3284	3284,0	3196	3194,8
3382		3279	3279,8	3187,5	3188,8
3377,5	3377,7	3273	3272,0	3182	3181,5
3372,5	3374,1	3267,5 ?		3175,5	3177,0
3364	3365,2	3255	3255,5	3172	3171,6
3352,5 ?		3249	3249,7	3163	3162,6
3345	3346,0	3242,5	3243,0	3154,5	3156,1
3338	3338,5	3231	3232,8	3149 ?	
3331,5	3331,2	3226,5	3227,2	3135	3137,4
3326		3220,5	3221,5	3123,5	
3316 ?		3215,5 ?		3114	3114,0
3311	3311,5	3210,5 ?		3104	3105,0
3304	3304,1	3206	3206,8	3095,5	3096,5

L'étude complète de quelques clichés nous a permis de constater que la densité optique de l'atmosphère (²) augmente tout d'abord proportionnellement à l'accroissement de la masse d'air traversée, puis de moins en moins rapidement, comme le fait prévoir l'existence d'une couche d'ozone élevée. Nos mesures photométriques indiquent que l'altitude de cette couche est voisine de 45^{km}, évaluation en bon accord avec le résultat obtenu récemment, au moyen d'une méthode différente par Cabannes et Dufay (³).

(¹) Nous avons mis en évidence quelques bandes qui n'ont pas été reconnues jusqu'à présent dans le spectre de l'ozone (celles dont l'existence comporte quelque incertitude sont indiquées par un point d'interrogation). D'autre part, nous avons observé, dans la région moins réfrangible, 3 maxima d'absorption vers 3517, 3508 et 3445 Å. Ils doivent être vraisemblablement identifiés avec les nouvelles bandes telluriques signalées par Cabannes et Dufay au voisinage de 3513 et 3445 Å (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 302).

(²) Logarithme de l'inverse de la fraction de lumière transmise.

(³) *Loc. cit.*

MÉTÉOROLOGIE. — *Relation entre les températures de certains mois de l'année.* Note [1] de M. Louis Besson, présentée par M. Bigourdan.

Si l'on représente graphiquement les variations de la température de chaque mois d'une année à l'autre, on obtient des courbes irrégulières et qui semblent n'avoir entre elles rien de commun.

Toutefois, si, par un artifice convenable, on met en évidence les grands traits de ces variations, on découvre des relations que masquaient les fluctuations à court intervalle, dont l'amplitude est grande et l'allure désordonnée.

On peut y parvenir en représentant la somme des écarts accumulés, comme dans la figure 1.

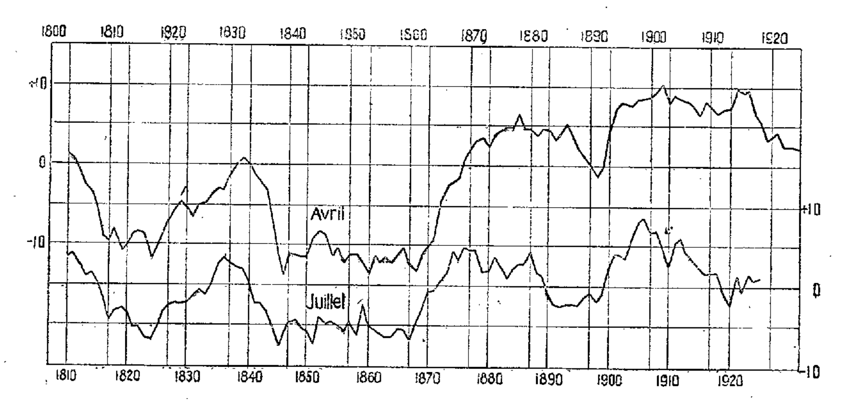


Fig. 1. — Températures d'avril et de juillet à Paris. (Sommes des écarts accumulés.)

En appliquant ce procédé aux températures moyennes mensuelles de Paris, de 1803 à 1926 [2], on obtient pour avril et juillet deux courbes d'une similitude remarquable, mais non parallèles, celle de juillet présentant, par rapport à celle d'avril, un retard d'environ 7 ans. Dans la figure 1, on les a déplacées de 7 ans en abscisses l'une par rapport à l'autre pour rétablir et faire ressortir le parallélisme. Bien que celui-ci soit évident, il n'est pas inutile de le chiffrer; c'est ce qu'on peut faire en calculant, par la formule ordinaire, le facteur de corrélation, r. Pour les deux courbes de sommes des

(1) Séance du 3 novembre 1926.

(2) De 1803 à 1872, les moyennes mensuelles sont celles de l'Observatoire national astronomique, d'après Renou; à partir de 1873, celles de l'Observatoire de Montsouris.

écarts accumulés de la figure 1, il est de 0,817 avec une erreur probable, F, de 0,021. Le rapport $r : \mathrm{F}$ est de 39.

Pour les courbes des moyennes mensuelles elles-mêmes, non reproduites ici, on a $r = 0,404$, $\mathrm{F} = 0,052$, $r : \mathrm{F} = 7,7$. D'après cela, le calcul des probabilités indique qu'il y a cinq millions environ à parier contre un que cette relation n'est pas le produit du hasard. A cet égard, une remarque est à faire dont le calcul ne tient pas compte : la similitude des deux courbes a été persistante pendant tout le cours des 117 années de confrontation. Pour les 48 premières, on a $r = 0,458$, $\mathrm{F} = 0,077$, et, pour les 69 dernières, $r = 0,362$, $\mathrm{F} = 0,071$.

La différence de phase a été déterminée exactement en calculant le facteur de corrélation des courbes de températures moyennes des deux mois, pour des décalages variant de 0 à 9 ans. On constate que ce facteur présente un maximum très accentué quand le décalage est de 7 ans.

La similitude des variations de la température d'avril et de celle de juillet se manifeste directement sur les courbes de moyennes quinquennales, calculées en ayant égard au retard de 7 ans de juillet par rapport à avril (*fig.* 2).

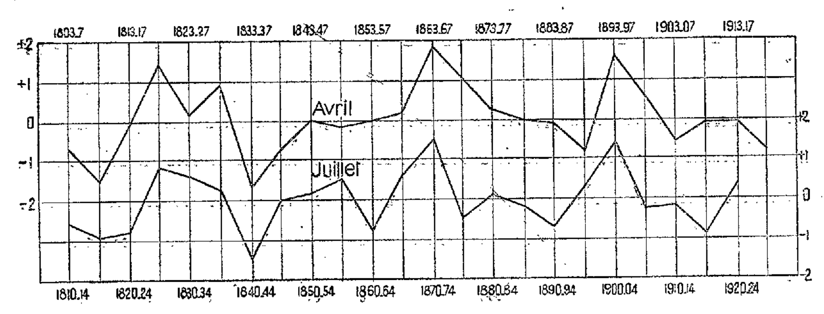


Fig. 2. — Températures d'avril et de juillet à Paris. (Moyennes quinquennales.)

Le tableau suivant montre comment se sont correspondu les températures des deux mois au cours des 117 ans. Un fort écart d'avril a été le plus souvent suivi, 7 ans après, d'un fort écart de juillet du même signe.

		Écart de la température d'avril.			
		≦ −1°,0.	−0°,9 à 0°,0.	0°,1 à 1°,0.	> 1°,0.
Écart de la température de juillet 7 ans après.	> 1°,0	2	4	8	16
	0°,0 à 0°,9	9	11	4	5
	— 1°,0 à — 0°,1	5	6	10	6
	< — 1°,0	13	8	7	3

Cette corrélation, entre la température d'avril et celle de juillet 7 ans après, n'est pas particulière à Paris. Elle est plus forte encore à Strasbourg, presque aussi forte à Nantes. Vers l'Est, on la retrouve encore à Vienne; vers le Nord, et surtout vers le Sud, elle s'efface rapidement.

Voici les valeurs du facteur r calculé sur 69 années, à partir d'avril 1851-juillet 1858, pour quelques stations (¹) : Strasbourg 0,364, Paris 0,362, Nantes 0,352, Genève 0,320, Vienne 0,245, Greenwich 0,201.

Deux autres relations, quoique moins accusées que la précédente, ressortent encore nettement des observations de Paris : la température de mai varie, dans ses grandes lignes, comme celle de décembre avec un retard de 8 ans; et la température de novembre varie en sens inverse de celle de janvier avec un retard de 6 ans.

Si l'on fait commencer l'année en octobre, ce qui est plus rationnel en météorologie, *le décalage est de 7 ans pour les trois couples de mois.*

Les relations qui viennent d'être signalées ont, pour la prévision à longue échéance, un intérêt sur lequel il n'est pas nécessaire d'insister.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le* Bacterium tumefaciens *dans les tissus du cancer des plantes.* Note (²) de M. **J. Magrou**, présentée par M. Roux.

Il est généralement très difficile de déceler, par l'examen microscopique, le *Bacterium tumefaciens* dans les tissus des galles produites par ce microorganisme. M. Erwin F. Smith (³) admet que le développement des bactéries dans les tissus doit être extrêmement faible et qu'elles y sont en trop petit nombre pour être décelables par l'examen de coupes colorées. Toutefois, chez de très jeunes tumeurs de Tomates, M. Riker (⁴) a réussi à colorer les bactéries, groupées dans les espaces intercellulaires autour desquels s'amorce la prolifération néoplasique. MM. Robinson et Walkden (⁵) ont montré que le *Bact. tumefaciens* se développe abondamment à la surface des tumeurs de *Chrysanthemum frutescens*. Enfin, dans les tumeurs de

(¹) MM. les Directeurs des Observatoires de Strasbourg, Greenwich, Genève et Vienne ont bien voulu me communiquer les températures moyennes mensuelles non publiées.

(²) Séance du 3 novembre 1926.

(³) E. F. Smith, *An Introduction to bacterial Diseases of Plants*, 1 vol., 1920, p. 413.

(⁴) *Jour. Agr. Research*, 25, 1923, p. 119.

(⁵) *Ann. of Bot.*, 37, 1923, p. 299.

Pelargonium, M. Pinoy (¹) a mis en évidence le *Bact. tumefaciens*, non dans les cellules en voie de prolifération, mais dans les grandes cellules chargées de tannin qui entourent les nodules néoplasiques.

Dans des coupes de volumineuses tumeurs caulinaires de Tomates (*Solanum lycopersicum*), prélevées et fixées deux à cinq mois après l'inoculation du *Bact. tumefaciens*, j'ai observé, après coloration par la pyronine, de très nombreuses bactéries situées à la surface de la galle ou n'envahissant que ses assises les plus superficielles. Elles font défaut partout où l'épiderme a conservé son intégrité, et n'existent que là où il a été déchiré et détruit par la poussée du néoplasme sous-jacent. Les tissus envahis sont toujours formés de grandes cellules sans noyau, à parois souvent épaissies, paraissant mortes. Les nodules néoplasiques, formés de petites cellules en voie de prolifération, sont toujours indemnes d'infection; ou, s'il arrive qu'un îlot tumoral superficiel soit envahi, les éléments parenchymateux en sont complètement détruits, et il n'en subsiste que les vaisseaux, parfois remplis de bactéries.

Ces bactéries sont de courts bâtonnets, réunis en amas homogènes et très denses qui remplissent aussi bien la cavité des cellules que les espaces intercellulaires. Ce n'est qu'au bord des plages envahies qu'elles apparaissent isolées les unes des autres. Au sein des amas homogènes, on voit souvent les bactéries se condenser en sphérules ou en cordons, formés de bâtonnets régulièrement alignés et paraissant enrobés dans une gangue.

En raison de la situation très superficielle de ces micro-organismes, il convenait de rechercher s'il s'agissait bien du *Bact. tumefaciens*, et non d'une infection banale surajoutée. A cet effet une tumeur de Tomate, prélevée deux mois après l'inoculation, a été lavée 10 minutes, sans aucune désinfection préalable, dans de l'eau stérilisée. Une goutte de l'eau de lavage a été mise en suspension dans un tube contenant de la gélose nutritive fondue, qui a été coulée en boîte de Petri. Dans la boîte ainsi ensemencée, se sont développées environ 800 colonies bactériennes blanches, toutes semblables, ayant les caractères des colonies de *Bact. tumefaciens*. La même expérience, faite à partir d'une autre tumeur de Tomate de même âge, a donné un résultat semblable, à cela près qu'il s'est développé, en outre de plusieurs centaines de colonies blanches de type *tumefaciens*, un petit nombre de colonies jaunes d'un germe surajouté. Dix-neuf des colonies blanches de l'une et l'autre boîte ont été repiquées et inoculées à autant de

(¹) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 311.

Pelargonium chez lesquels elles ont provoqué la formation de tumeurs caractéristiques. La preuve était ainsi faite qu'il s'agissait bien du *Bact. tumefaciens*.

Par contre un ensemencement pratiqué de la même manière à partir d'un fragment prélevé, après désinfection superficielle, dans la profondeur d'une tumeur, n'a donné lieu à aucun développement microbien.

L'examen microscopique et la culture montrent donc que, chez les tumeurs de Tomate produites par le *Bact. tumefaciens*, ce micro-organisme peut se développer abondamment dans les parenchymes superficiels de la galle, formés de grandes cellules, alors qu'il fait défaut, tout au moins sous sa forme visible et cultivable, dans les îlots néoplasiques en voie de prolifération. Ces observations, qui concordent avec celles de MM. Robinson et Walkden et de M. Pinoy, relatives au Chrysanthème et au *Pelargonium*, suggèrent que l'agent du cancer des plantes agit à distance, par un mécanisme qu'il reste à élucider, sur les cellules dont il provoque la multiplication.

PHYSIOLOGIE. — *Sur un signe biologique marquant le retour de la respiration spontanée dans les cas de mort apparente.* Note [1] de M. **Stefan Jellinek**, présentée par M. d'Arsonval.

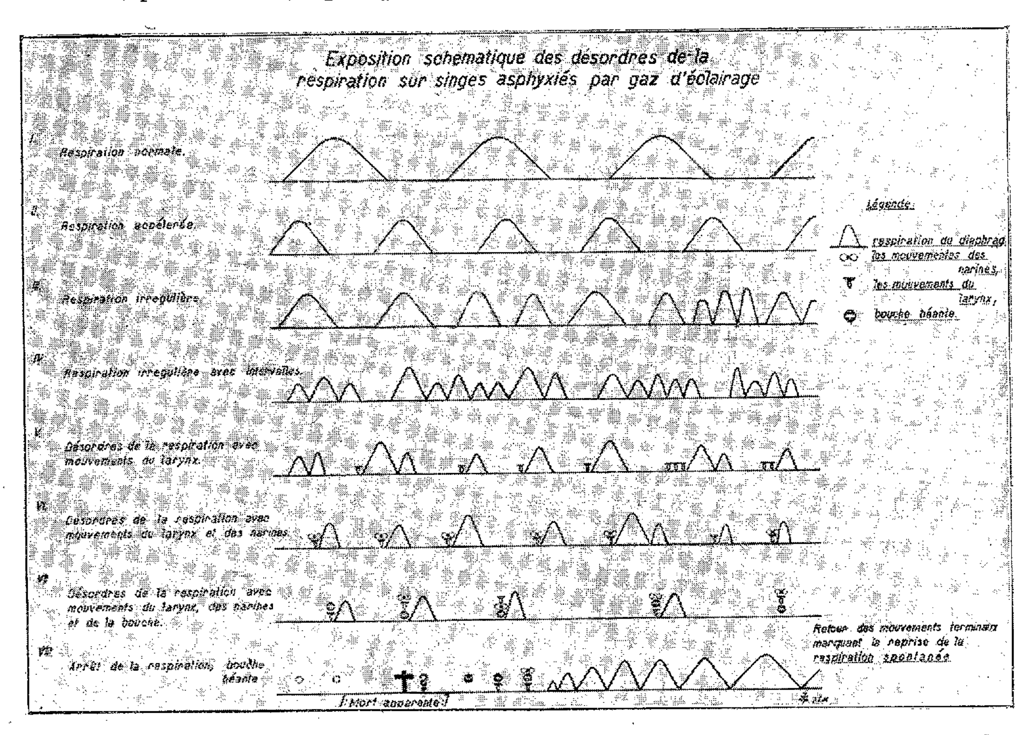
De longues observations sur les mourants, tant à l'hôpital que sur des lieux d'accidents, complétées par des recherches sur animaux, ont attiré mon attention sur un symptôme jusqu'alors inconnu : l'ultime signe de vie donné par l'homme et l'animal au moment de sa mort n'est pas « le dernier souffle », mais presque toujours de mouvement de déglutition lui succédant dans un intervalle de quelques secondes. Ce mouvement consiste en ce que le larynx se soulève vers les os hyoïdes, et qu'aussi parfois ce sont les joues et les lèvres qui se meuvent et forment de la bouche une ouverture béante; quelquefois même, on peut percevoir un bruit de déglutition. Ce n'est qu'après ce dernier mouvement — que je nommerai *ultimum movens* — que la fin est vraiment arrivée. Il n'y a pas d'accoucheur qui ne sache que les nouveau-nés, lesquels on ne peut ranimer, meurent la bouche ouverte.

La même observation peut être faite sur les animaux frappés de mort violente; par exemple, sur veaux tués à l'abattoir, chats noyés, chiens et

(1) Séance du 18 octobre 1926.

renards électrocutés, singes asphyxiés par gaz d'éclairage, etc.; pour tous ceux-ci, faire l'acte de déglutition ou ouvrir fortement la bouche, est le dernier mouvement visible.

Ce dernier mouvement (*ultimum movens*), que j'ai observé sur les mourants, j'ai pu l'observer aussi sur les hommes et les animaux que j'ai ranimés comme *primum revivens*; je l'ai interprété comme le premier signe du retour à la vie, précédant de quelques secondes la respiration spontanée.



Ce fait me semble d'importance, aussi bien pour la théorie que pour la pratique. Quel en est le côté pratique? C'est que pour les essais de réanimation (sur noyés, électrocutés, asphyxiés), ce signe nous éclaire d'une manière frappante, car s'il se produit, la respiration spontanée ne manque pas de réapparaître, ou immédiatement, ou au bout de quelques secondes. La continuation des essais malgré ce signe met le succès en danger, car tout mort apparent est non seulement gravement malade, mais malade mortellement.

Quel en est le côté théorique? Le problème biologique concernant la relation entre la respiration et la déglutition n'est pas moins intéressant. A ce sujet, je ne mentionnerai que les expériences faites sur les singes

(*Macacus rhesus*) asphyxiés par gaz d'éclairage : il m'a semblé que le centre respiratoire mourant n'avait plus assez de force pour l'innervation du diaphragme (respiration), mais encore suffisamment pour l'innervation du larynx et de la bouche, c'est-à-dire la déglutition; et ce parce que la déglutition, étant l'acte le plus primordial et le plus développé chez tous les êtres vivants, elle possède la voie la plus frayée? Pour cette hypothèse, je citerai le conseil empirique donné par Laborde, le médecin français : de faire des tractions rythmiques de la langue pour faire renaître la respiration spontanée, conseil suivi parfois avec succès. Le rôle du vestibule du larynx dans cette relation biologique (respiration et déglutition) me paraît de haute importance. Et, en rapport avec ce rôle, je citerai le fait généralement connu du « choc du larynx ». En tout cas, l'anatomie et la biologie du vestibule du larynx — qu'au point de vue pratique je nommerai « étroitesse de la vie » — demandent des recherches spéciales. Sans attendre les résultats de ces recherches, il faut, dès aujourd'hui, pour tous les travaux de rappel à la vie, porter une grande attention à ce symptôme, lequel est non seulement une question de mort, mais aussi une question de vie.

ZOOLOGIE. — Herouardia, *genre nouveau de Copépode, intermédiaire entre les* Harpacticidæ *et les* Cyclopidæ. Note [1] de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Herouardia (dédiée à M. Hérouard) est une forme nouvelle de Copépode que j'ai obtenue par allélogenèse, en cultures dans l'eau de mer diluée, des pontes d'un autre Copépode, *Regis servus* Labbé, non encore décrit, et qui lui-même descend de *Ferronniera cyclopoides* Labbé [2]. C'est actuellement une forme purement expérimentale, que je n'ai pas encore rencontrée dans la nature. Mais comme la lignée phylétique, dont je poursuis l'étude depuis six ans, est en avance d'environ six mois sur la lignée naturelle qui évolue parallèlement dans les marais salants du Croisic, je puis prédire, à peu près à coup sûr, l'apparition d'*Herouardia paradoxus* nov. sp. dans les marais salants du Croisic au printemps de 1927. Et, à la même époque, devra apparaître, dans les marais salants de Mesquer, une forme différente

(1) Séance du 3 novembre 1926.

(2) Décrit in *Bull. Soc. zool. Fr.*, 51, 1926, p. 244.

d'*Herouardia* qui, aujourd'hui, se trouve au stade *Regis Racovitzæ* nov. sp.

Voici la diagnose sommaire d'*Herouardia paradoxus :*

Forme extérieure d'un Cyclops : Longueur 600$^{\mu}$ sans les soies caudales. Anneaux abdominaux épineux. Furca courte avec 3 soies terminales et 2 latéro-externes. Armure génitale (pléopode de Giesbrecht) avec 2 fortes épines.

Opercule anal en croissant fortement denté : Antenne I ♂ à 6 articles, le dernier en griffe recourbée, atteignant le bord postérieur du céphalothorax. Antenne II, longue à 4 articles, et *exite réduit à un tubercule* sétigère.

Mandibule forte, avec un *petit palpe,* 1 *article.* Maxille et gnathopodes comme chez *Cyclops phaleratus* Koch.

Péréiopodes I-IV à 2 rames courtes et larges, 3 *articles.*

Péréiopodes V formant une grande *lame quadrangulaire* ornée de 3 fortes épines dentées et de 1-2 soies.

Oviductes se prolongeant jusqu'au telson.

Réceptacle séminal comme chez *Cyclops phaleratus.* Coloration rose chair ou orange avec les œufs et les ovaires bleus ou verts.

Deux sacs ovigères.

Nage en *Cyclops.* S'accouple en *Canthocamptus.*

Cette description s'adresse aux *Herouardia paradoxus* à 6 articles antennaires. Mais ceux-ci ne sont que les formes néoténiques d'*Herouardia* à 10 articles antennaires.

Il me paraît probable que *Halicyclops magniceps* Lilly. (= *Cyclops æquoreus* Fisch. = *C. Lubbocki* Brady) est proche des *Herouardia.* De même vraisemblablement *C. operculatus* Chappuis, du Surinam, qui, à l'encontre des Cyclops, possède un opercule anal, comme les *Herouardia.*

Les *Herouardia* sont encore, par ce dernier caractère, par leur antenne I ♂, les palpes mandibulaires et antennaires, des Harpacticides; mais ils ont déjà la forme et les deux sacs ovigères des Cyclops. *H. paradoxus* comme nous le verrons ultérieurement, est la souche d'un *Cyclops phaleroides*, voisin de *C. phaleratus* Koch.

BIOLOGIE. — *Sur le commensalisme de la larve de* Dactylocladius brevipalpis *Goetghebuer* (*Chironomide*). Note (¹) de M. **A. Dorier**, présentée par M. Bouvier.

Les larves de Chironomides du genre *Dactylocladius* sont des animaux rhéophiles qui mènent une existence libre dans les mousses des ruisseaux

(¹) Séance du 3 novembre 1926.

ou qui vivent à l'intérieur d'un fourreau de sable construit sur les pierres en plein courant. Cependant Tonnoir ([1]) a déjà signalé les habitudes de commensalisme de la larve de *Dactylocladius commensalis* Tonnoir, qui se loge entre les ventouses de la larve de *Neocurupira Hudsoni* Lamb., Blépharocéride de la Nouvelle-Zélande.

Le cas présent, observé dans la région de Grenoble, se rapporte à une nouvelle espèce de *Dactylacladius*, le *D. brevipalpis* dont la description détaillée sera donnée très prochainement par M. Goetghebuer.

Nous avons trouvé en mai 1926, dans la rivière la Cumane, près de Saint-Vérand (Isère), des nymphes de *Rhithrogena semicolorata* (Éphéméride) d'un aspect bien singulier : elles portaient vers le milieu de la face dorsale une volumineuse gibbosité, légèrement déjetée sur un côté et recouvrant en partie l'abdomen. Cette énorme saillie était une nymphe de Chironomide, contenue dans un sac mince et soyeux qui s'insinuait par sa partie antérieure sous les fourreaux alaires de l'Éphémère. Nous trouvâmes également, par l'examen attentif d'autres nymphes de *Rhithrogena*, les jeunes larves de ce Chironomide.

La larve de *Dactylocladius brevipalpis* s'installe sous la première paire des fourreaux alaires de la nymphe d'Éphémère, dans l'angle que ceux-ci font avec le corps. Elle y tisse un tube de soie et de sable très fin qui se termine au niveau des épimères. Pour le découvrir il faut relever ou sectionner les fourreaux alaires.

Nos récoltes ne nous ont donné que des larves de petite taille (1 à 2^{mm}) à corps cylindrique, blanchâtre et glabre; leur extrémité postérieure montre quatre branchies courtes, précédées de deux tubercules, chacun d'eux portant un fin pinceau de longs poils.

La nymphose du Chironomide se déroule également sur la nymphe de *Rhithrogena*. La nymphe, longue de 3^{mm} environ, possède des cornes respiratoires et présente sur les tergites abdominaux deux amas de taches sombres disposées symétriquement. Le segment anal est dépourvu d'appendices. Cette nymphe se courbe en arc dans le sac transparent et soyeux qui la contient. Quand l'éclosion approche, elle dirige toujours la tête vers l'extrémité postérieure de l'Éphémère, position qui facilitera l'échappement de l'adulte.

([1]) TONNOIR, *Le cycle évolutif de* Dactylocladius commensalis *nov. sp., Chironomide à larve commensale d'une larve de Blépharocéride* (*Annales de Biologie lacustre*, 11, fasc. I, 1922, p. 279-291).

Le sac nymphal, long de 2^{mm} environ, est élargi et aplati à la partie antérieure par laquelle il adhère fortement à la face inférieure de la première paire des fourreaux alaires, au mésonotum et au métanotum de *Rhithrogena*. En outre il est solidement fixé aux coxas de la deuxième paire de pattes.

L'adulte s'échappe par une déchirure de la partie postéro-inférieure du sac. Le seul exemplaire obtenu a été examiné par M. Goetghebuer de Gand, qui a reconnu l'espèce nouvelle. *Dactylocladius brevipalpis*, long de 4^{mm}, noir avec les balanciers brunâtres, est remarquable par la brièveté de ses palpes et l'extrémité épaissie de ses griffes.

La ponte de l'animal n'est pas connue. Les jeunes larves vont à la recherche des nymphes de *Rhithrogena* et trouvent sous leurs larges fourreaux alaires un excellent abri. Dans la Cumane, près de Saint-Vérand, 50 à 60 pour 100 des nymphes de *Rhithrogena semicolorata* sont infestées, et l'on rencontre exclusivement la larve de *Dactylocladius* sur cette espèce, alors que d'autres Éphémérides, notamment des nymphes de *Baetis*, sont abondantes en cette station.

Sauf de rares exceptions, on ne trouve qu'une seule larve de Chironomide sur la nymphe d'Éphémère.

La larve de *Dactylocladius brevipalpis* ne vit pas aux dépens de son hôte, qui effectue normalement sa croissance et son développement, mais qui ressent, dans ses mouvements, une gêne marquée lors de la nymphose du commensal. L'examen du contenu intestinal de quelques larves, malheureusement à jeun, n'a pas permis de se renseigner d'une façon précise sur leur régime alimentaire.

L'éclosion du Chironomide précède celle de l'Ephémère et se produit au commencement de mai, au moment où les nymphes de *Rhithrogena* se rassemblent au bord de la rivière sous des galets peu profondément immergés.

Ce cas, s'ajoutant à celui signalé par Tonnoir, montre qu'il existe dans le genre *Dactylocladius* un groupe d'espèces présentant des caractères éthologiques très spéciaux. Leurs larves s'installent en commensales sur un animal aquatique et obéissent à la nécessité de calquer leur cycle sur celui de leur hôte, tout en le devançant afin d'éviter une destruction presque fatale.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la formation des abcès de fixation.* Note (¹) de M. **Auguste Lumière** et Mme **Montoloy**, présentée par M. Roux.

Si l'on discute encore l'efficacité des abcès de fixation (²) introduite par Fochier dans la thérapeutique des infections, tous les cliniciens semblent s'accorder pour reconnaître que la méthode présente un intérêt incontestable parce qu'elle fournit une indication précieuse en ce qui regarde le pronostic des affections dans lesquelles on l'utilise.

Lorsqu'en effet l'injection d'essence de térébenthine ne réussit pas à provoquer la formation d'un abcès, on peut en induire, sans grand risque de se tromper, que le malade succombera à l'infection.

Pourquoi, dans les cas extrêmement graves, l'essence injectée sous la peau ne détermine-t-elle pas l'afflux leucocytaire local que l'on observe invariablement chez les sujets qui ne sont pas trop profondément infectés? Pourquoi l'infection microbienne modifie-t-elle les réactions des leucocytes au point de les empêcher de se rassembler dans la région où ils sont d'ordinaire appelés par la substance irritante, chez les individus normaux ?

Prenant pour base les principes de la théorie colloïdale formulée par l'un de nous (²), nous constatons tout d'abord que certains microbes sont pathogènes parce que leurs produits d'excrétion, réagissant sur les colloïdes du plasma sanguin, donnent des floculats qui dérèglent l'équilibre des fonctions de la vie organo-végétative par suite des excitations qu'ils exercent sur les terminaisons nerveuses endo-vasculaires du sympathique; ils occasionnent, par ce processus, les symptômes pathologiques propres aux affections microbiennes aiguës.

Ces floculats, ainsi que les microbes qui peuvent se rencontrer dans le sang, sont éliminés par les macrophages qui les englobent, les digèrent ou les expulsent par diapédèse.

Nous nous sommes alors demandé si l'inaptitude des leucocytes à former des abcès ne proviendrait pas du fait que ces cellules, occupées à l'enrobe-

(¹) Séance du 26 octobre 1926.

(²) *Bulletins et Mémoires de la Société médicale des Hôpitaux de Paris,* 50, 1926, p. 144, 159, 678, 694.

(³) Auguste Lumière, *La Théorie colloïdale de la vie et de la maladie* (*Annales des Laboratoires Lumière,* 1925, p. 42).

ment, à la digestion et à l'élimination des matériaux floculés, auraient perdu leur tropisme habituel ?

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons procédé aux expériences suivantes :

Quatre cobayes, d'un poids de 350 à 400^g, reçoivent, par voie intracardiaque, 0$^{cm^3}$,5 d'une suspension d'encre de Chine à 0,25 pour 100 puis, deux heures plus tard, 0$^{cm^3}$,5 d'essence de térébenthine, en injection sous la peau de l'abdomen. Deux animaux témoins sont traités seulement par la même injection d'essence de térébenthine, sans encre de Chine préalable.

Au bout de 48 heures l'abcès s'est formé chez les témoins, tandis que les animaux traités antérieurement par l'encre de Chine ne présentent qu'une très légère induration de la peau au niveau de l'injection d'essence.

Trois jours après, les collections purulentes se sont spontanément ouvertes chez les témoins, en laissant échapper leur pus, tandis que les cobayes imprégnés à l'encre de Chine sont toujours et demeurent indemnes par la suite.

Les mêmes essais ont été répétés sur des lapins puis sur d'autres lots de cobayes et ont conduit aux mêmes résultats.

L'encre de Chine employée, étant constituée par une simple suspension de particules de carbone, d'une inertie chimique complète, le phénomène de protection est donc d'ordre purement physique.

Ces expériences apportent quelques éclaircissements au mécanisme de la formation des abcès de fixation et permettent non seulement de répondre à la question que nous avons posée, mais encore d'apporter une nouvelle confirmation à la théorie colloïdale des phénomènes pathologiques.

A 15^{h}55^m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}30^m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1926.

Contribution à l'étude du pouvoir absorbant des tissus végétaux, par Jean Effront. Bruxelles, F. Peeters-Bikx, 1926; 1 vol. 24^{cm},5.

Les arachnides de France. Tome VI, 2e Partie, contenant le synopsis général et le catalogue des espèces françaises de l'ordre des *Araneæ* (*suite*), par Eugène Simon. Œuvre posthume publiée par L. Berland et L. Fage. Paris, L. Mulo, 1926; 1 vol. 23^{cm}. (Présenté par M. Charles Gravier.)

Thermobiologie et salure dans le Lepidium sativum *avec entraînement à la précocité*, in *Comptes rendus des séances de l'Académie d'agriculture*, par Pierre Lesage. Paris, 7 juillet 1926; 3 pages 22^{cm}.

Sur la précocité provoquée et héritée dans le Lepidium sativum *après la vie sous châssis*, in *Revue générale de botanique*, par Pierre Lesage. Paris, *Rev. gén. de bot.*, t. XXXVIII, 1926, p. 65; 1 fasc. 24^{cm}.

Sur quelques caractères hérités dans le Lepidium sativum *arrosé à l'eau salée*, in *Revue générale de botanique*, par Pierre Lesage. Paris, *Rev. gén. de bot.*, t. XXXVIII, 1926, p. 417; 1 fasc. 24^{cm}.

Comparaison du chlorure de sodium, du chlorure de potassium et de la sylvinite riche dans leur action sur les plantes cultivées, in *Annales de la science agronomique française et étrangère*, par Pierre Lesage. Paris, *Ann. sc. agr.*, mai-juin 1925; p. 172; 1 fasc. 24^{cm},5.

Théorie générale des séries de Dirichlet, in *Mémorial des sciences mathématiques*, fasc. XVII, par G. Valiron. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 fasc. 26^{cm}. (Présenté par M. Hadamard.)

Lezioni di meccanica razionale, vol. secondo, par Tullio Levi-Civita e Ugo Amaldi. Bologna, Nicola Zanichelli, 1926; 1 vol. 24^{cm}.

Les métamorphoses des animaux marins, par Louis Joubin. Paris, Ernest Flammarion, 1926; 1 vol. 19^{cm}.

Géométrie à toutes dimensions; principes de géométrie physique, par Paraf-Javal. Paris, Groupe d'études scientifiques, 1926; 1 vol. 19^{cm}.

Théorie des nombres. Tome II : *Analyse indéterminée du second degré et factorisation*, par M. Kraitchik. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Terminologie horlogère, établie avec la collaboration des Écoles d'horlogerie suisses et françaises. I. Genève, Chapalay et Mottier, s. d.; 1 fasc. 18cm.

Magnetochimica, par OTTAVIO BONAZZI. Pisa, F. Mariotti, 1914; 1 vol. 25cm,5.

J. J. da Gama Machado, par ALBERTO PESSOA. Coïmbra, Imprensa da Universidade, 1926; 1 vol. 29cm.

Interprétation géométrique et physique de la théorie d'Einstein, par E. LEBERT. Vannes, Lafolye frères et Cie, 1926; 1 vol. 24cm,5.

ERRATA.

(Séance du 12 juillet 1926.)

Note de MM. *Charles Moureu, Charles Dufraisse, C.-L. Butler*, Peroxyde de rubrène : Nouvelles expériences :

Page 103, ligne 25, *au lieu de* Un tube contenant un peu de rubrène, *lire* Un tube contenant un peu de peroxyde de rubrène.

(Séance du 17 août 1926.)

Note de M. *Carl A. Garabedian*, Disque d'épaisseur constante ou variable en rotation uniforme ou accélérée :

Page 416, équations (1 *bis*), *au lieu de* P_0, *lire* p_0; au dénominateur de C_1, *au lieu de* $1-\sigma$, *lire* $1+\sigma$; au dénominateur de C_2, *au lieu de* r, *lire* R; ligne 4 en remontant, *au lieu de* (4), *lire* (5).

(Séance du 27 septembre 1926.)

Note de M. *H. Pécheux*, Recherches sur la constante diélectrique des pétroles et paraffines :

Page 531, ligne 12, *au lieu de* 5 pour 100, *lire* 5 pour 1000.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 NOVEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉODÉSIE. — *La triangulation régulière du Maroc.* Note (¹) de M. **Georges Perrier.**

La première triangulation d'ensemble du Maroc a été une triangulation expédiée, entreprise en 1910 : appuyée sur une base mesurée aux fils invar, à Ber Rechid, dans la région de Casablanca, ayant pour données astronomiques de départ une latitude et un azimut observés au théodolite à verniers au terme sud de la base, elle a été développée par les efforts combinés du Service géographique de l'Armée et du Bureau topographique du Corps expéditionnaire, installé à Casablanca. Elle s'est étendue en même temps que l'occupation française et a servi de canevas aux premiers levés topographiques.

Mais il ne pouvait s'agir de prolonger un réseau de reconnaissance à de trop grandes distances de la base sans risquer une accumulation d'erreurs dangereuse. Dès 1920, le rapide développement du Protectorat a imposé d'ailleurs l'obligation de songer à une triangulation régulière, susceptible d'appuyer dans de meilleures conditions une carte régulière. Le Service géographique du Maroc, créé en 1919, héritier de l'ancien Bureau topographique, n'était ni outillé pour des opérations géodésiques et astronomiques de premier ordre, ni doté du personnel spécialement compétent nécessaire. Aussi ces opérations ont-elles été exécutées, à de très rares exceptions près, par des officiers de la Section de Géodésie du Service

(¹) Séance du 8 novembre 1926.

géographique de l'Armée, et c'est ainsi que, comme Chef de la Section, de la fin de 1920 au début de 1924, nous avons assumé la responsabilité de la direction technique des travaux en y prenant aussi, à l'occasion, part sur le terrain.

Le bilan des opérations ainsi exécutées en 4 campagnes se résume comme il suit :

a. Deux bases mesurées, l'une près de Ber Rechid (au sud de Casablanca, ancienne base de 1910), l'autre près d'Agouraï au sud de Meknès.

Trois bases reconnues : près de Marrakech, de Guercif et à Sidi Bou Rziguine (au sud de Larache, ancienne base de la délimitation franco-espagnole de 1913, que nous avions mesurée à cette époque et au terme nord de laquelle nous avions observé la latitude et un azimut au théodolite à microscopes).

b. Deux stations astronomiques de latitude, azimut et longitude : au terme nord de la base d'Agouraï et à Merchich, près de Ber Rechid.

c. Trois chaînes de premier ordre primordial reconnues, signaux construits :

1° *Le Parallèle de Meknès*, prolongement du Parallèle nord tunisien-algérien, suivant la ligne générale Oudjda, Taourirt, Guercif, Taza, Fez, Meknès, Casablanca.

2° *La Méridienne de Meknès*, à partir de la région de Kénifra au sud, jusque vers Ouezzan au nord. Elle se trouve dans le prolongement de la Méridienne espagnole de Salamanque, à laquelle les géodésiens de l'Institut géographique de Madrid ont fait franchir le détroit de Gibraltar, en la poussant — reconnaissance et observations — presque jusqu'à la frontière dn Protectorat français : en 1924, il ne leur manquait plus que trois stations déjà reconnues à occuper au sud de cette chaîne, lorsque les opérations ont été interrompues par l'insurrection rifaine. Mais tout fait espérer qu'un jour la soudure, presque réalisée déjà, des tronçons français et espagnols de la Méridienne Meknès-Salamanque pourra être assurée.

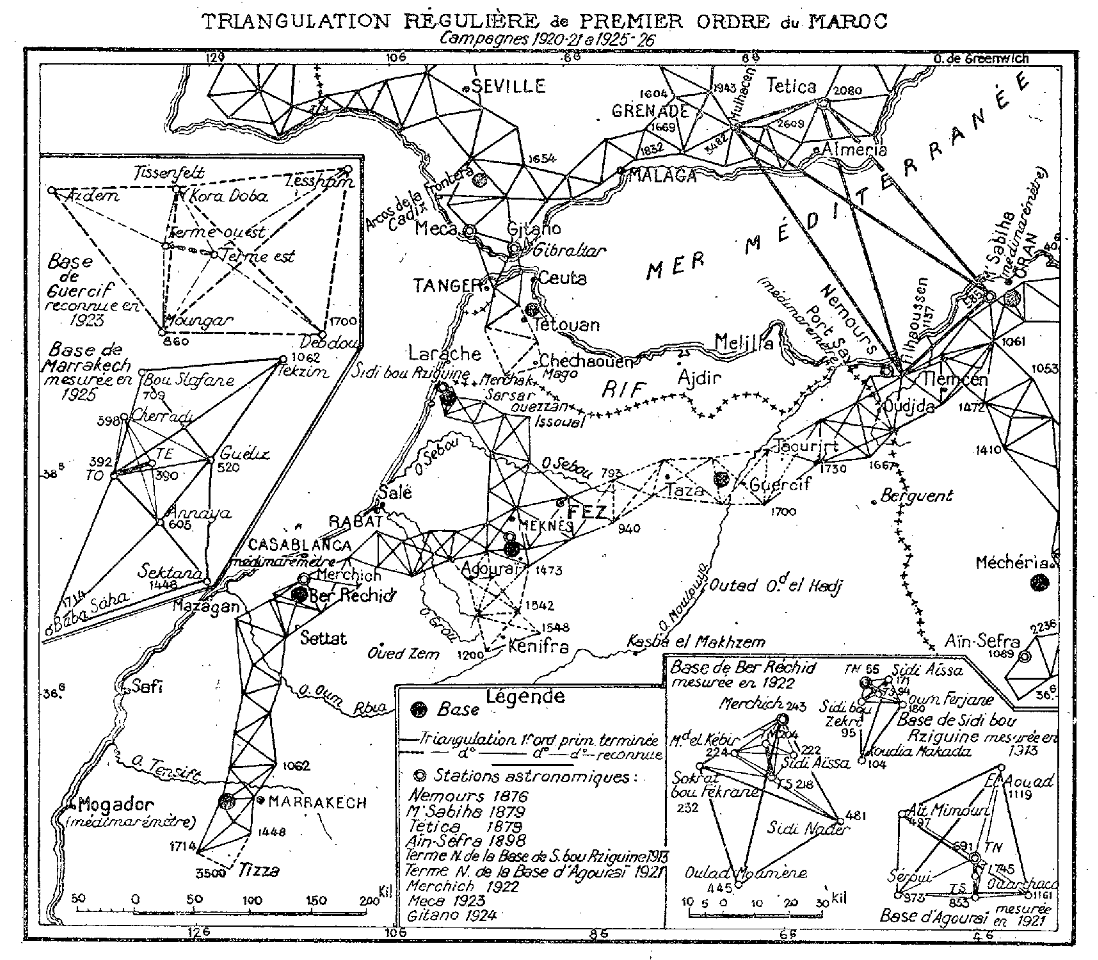
De la chaîne française, se détachent vers l'ouest quelques triangles qui, longeant au sud la frontière des deux Protectorats, aboutissent à la base de Sidi Bou Rziguine, non loin de l'Océan.

3° *La Méridienne de Marrakech*, entre la région de Ber Rechid et celle de Marrakech.

d. Un tronçon du Parallèle de Meknès complètement terminé, celui com-

pris entre Meknès et Casablanca, où les observations, commencées au printemps de 1921, ont pris fin au printemps de 1923.

TRIANGULATION RÉGULIÈRE de PREMIER ORDRE du MAROC
Campagnes 1920-21 à 1925-26



e. Une triangulation de premier ordre complémentaire reconnue, signaux construits, entre l'Océan, le Parallèle et la Méridienne de Meknès et la frontière franco-espagnole (région du Sébou). (¹).

(¹) Ont effectué ces travaux, les officiers suivants de la Section de Géodésie, tous mes élèves : les commandants Figaret, Haciski, les capitaines de Lapasse, Reignier, Schmerber, les lieutenants Adam, Bidan, Delienne, Guéritat, Guinand, Lépine, Nectoux, Tardi, ainsi que le commandant Cornudet, les capitaines Lhote, Thimel et l'officier d'administration Chanat, du Service géographique du Maroc, qui ont pris part à quelques opérations.

Depuis 1924, la base de Marrakech a été mesurée, et les observations ont été effectuées :

1° Sur le reste du Parallèle de Meknès (sauf dans la région Guercif-Taza, à cause de l'insoumission des tribus de la *tache de Taza*);

2° Sur la Méridienne de Meknès, au nord du Parallèle de Meknès, et sur les triangles du sud de la frontière espagnole;

3° Sur la Méridienne de Marrakech;

4° Sur le réseau de premier ordre complémentaire du Sébou (avec observations du deuxième et troisième ordre).

Ainsi, quand on aura pu, en achevant également les observations dans la tache de Taza et sur la frontière franco-espagnole dans la région d'Ouezzan, souder les tronçons du Parallèle de Meknès et ceux de la Méridienne de Meknès, la portion occidentale de la Méditerranée sera enserrée dans une série ininterrompue de triangles franchissant deux fois la mer : par le petit quadrilatère espagnol du détroit de Gibraltar, et par le quadrilatère géant de la jonction hispano-algérienne (1879), circuit parsemé de déterminations astronomiques. De plus nous disposerons, dans le nord de l'Afrique, d'une belle chaîne parallèle de 18° d'amplitude, exclusivement française, entre les stations astronomiques de Carthage et de Merchich, appuyée sur 7 bases et au moins 6 stations astronomiques. Tous documents des plus précieux pour l'étude de la Terre.

NAVIGATION. — *Effets utiles, ou nuisibles, à la vitesse des navires, de leur houle satellite.* Note de M. **F.-E. Fournier.**

1. Sous la direction de M. Barillon, le service technique de nos constructions navales, à Paris, déduit, par similitude dynamique, des résistances de l'eau qu'il observe dans un bassin spécial outillé en conséquence, sur des petits modèles *géométriquement semblables* aux carènes en projet : celles, R, que ces carènes sont destinées à subir effectivement, dans leur translation, en vraies grandeurs, en mer plate, à toutes leurs vitesses v réalisables.

2. J'ai cherché à reconnaître, d'après les données expérimentales de ce bassin d'essai des carènes, de quels éléments caractéristiques des formes de leur *surface mouillée* Σ dépendent effectivement les résistances qu'elle y subit, en fonction de sa vitesse v, en mètres par seconde. Toutefois, j'ai limité cette recherche à ceux de ces navires, où leur surface mouillée Σ ne

revêt *aucune partie cylindrique* et dont le *maître couple*, de section transversale B, de profondeur p et de largeur principale l est *au milieu*, très sensiblement, du moins, de la *longueur* L du plan de flottaison.

3. Dans ces conditions : en représentant, par γ, le coefficient d'obstruction, $\frac{B}{lp} = \gamma$; par i l'*incidence latérale moyenne* des extrémités des *lignes d'eau convexes* de la *proue*, sur la hauteur de son *étrave*, celle-ci étant sensiblement perpendiculaire au plan de flottaison; enfin, en rapportant cette valeur de i à une constante générale de référence, $i_0 = 10°,6$ j'ai été conduit aux conclusions suivantes.

1° Depuis la vitesse $v = 0$, jusqu'à celle, encore inconnue, v_0 à laquelle se forme le *profil vertical ondulatoire* de la houle satellite d'un navire, la résistance R de l'eau à la translation, de vitesse v de sa surface mouillée Σ, en fer neuf, fraîchement peint, croît, suivant l'expression

$$R = 1,57 . \frac{v^2}{g} . \Sigma. \tag{1}$$

2° Depuis la vitesse v_0 jusqu'à la vitesse critique w du navire, que l'on peut calculer au moyen de la formule

$$\frac{w}{\sqrt{L}} = 0,8321 \, \gamma^{1,1441}, \quad \text{si} \quad \left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right),$$

ou

$$\frac{w}{\sqrt{L}} = 0,8635 \, \gamma^{0,28}, \quad \text{si} \quad \left(\frac{i}{i_0} < 1\right).$$

R varie suivant l'expression

$$R = 1,57 \frac{v^2}{g} \Sigma \left\{ 1 - 0,01482 \left(\gamma \frac{l}{p}\right)^{1.266} \sin \pi \left[\frac{\sqrt{(v - v_0)(w - v)}}{w - v_0} \right] \right\}, \tag{2}$$

ou

$$R = 1,57 \frac{v^2}{g} \Sigma \left\{ 1 - 0,62226 \sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1 - \frac{i}{i_0}\right)} \sin \pi \left[\frac{\sqrt{(v - v_0)(w - v)}}{w - v_0} \right] \right\}, \tag{3}$$

selon que $\left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right)$, ou $\left(\frac{i}{i_0} < 1\right)$.

Ces deux expressions atteignent, on le voit, leur *minimum* à la vitesse

$$v_m = \frac{v_0 + w}{2}, \tag{4}$$

et cette vitesse v_m, la *plus économique* du navire, peut se calculer par la

formule

$$\frac{v_m}{\sqrt{L}} = \frac{0.5144}{\gamma^{0,6134}}, \qquad \text{si} \qquad \left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right),$$

ou

$$\frac{v_m}{\sqrt{L}} = 0,6138\,\gamma^{1,2411}, \qquad \text{si} \qquad \left(\frac{i}{i_0} < 1\right).$$

La vitesse inconnue v_0 peut donc se déduire de la formule (4), par l'expression

$$v_0 = 2v_m - w. \tag{5}$$

4. Enfin, j'ai conclu des expressions (2) et (3), que le profil vertical ondulatoire de la houle satellite d'un des navires envisagés dans cette Note, doit comprendre, entre ses vitesses v_0 et w, sur la longueur L de son plan de flottaison, un *nombre toujours impair* $(2k+1)$ de *sommets*, *au-dessus* de ce plan, et un *nombre pair* $(2k)$ de *creux*, *au-dessous*.

Dans ces conditions, en effet, l'ensemble de ces sommets et de ces creux ondulatoires doit concourir à *maintenir horizontal le plan de flottaison* et à le *soulever*, en outre, de manière à *diminuer* la partie immergée de la *surface mouillée* Σ *primitive*, du navire au repos, en la *réduisant ainsi* à son *minimum* Σ_m, à la vitesse v_m, ainsi qu'on l'observe, avant de la ramener ensuite à sa valeur primitive Σ, à la vitesse w, au terme de *ce régime économique*, se trouvant ainsi expliqué.

3° Aux vitesses plus grandes que w, la résistance R varie avec v, suivant l'expression exponentielle

$$R = 1,57\,\frac{v^2}{g}\,\Sigma\left[\frac{v}{w}\right]^{0,3806\left[1+\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(\frac{i}{i_0}-1\right)}\right]\left(\gamma\frac{l}{p}\right)^{1,556}}, \tag{4}$$

ou celle

$$R = 1,57\,\frac{v^2}{g}\,\Sigma\left\{1+\left|\frac{i}{i_0}\left(1-\frac{i}{i_0}\right)\right|^{\frac{1}{4}} \times\left(\frac{\frac{w}{v}\left(1-\frac{w}{v}\right)}{\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1-\frac{i}{i_0}\right)}\left[1-\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1-\frac{i}{i_0}\right)}\right]}\right)^{\frac{1,322}{\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1-\frac{i}{i_0}\right)}}}\right\}, \tag{5}$$

selon que $\left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right)$, ou $\left(\frac{i}{i_0} < 1\right)$.

5. Ces formules (4) et (5) montrent que la houle satellite du navire est *nuisible*, à ses vitesses *plus grandes que* w : dans le *premier cas*, où $\left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right)$; tandis qu'elle leur est *favorable*, dans le *second cas*, où $\left(\frac{i}{i_0} < 1\right)$, parce qu'elle peut *seulement, alors, donner au plan de flottaison une inclinaison de nature à soulever, en la diminuant, la surface mouillée* Σ du navire, dans une mesure tendant vers *une limite asymptotique* à mesure que v croît de w vers ∞.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène* (XX). *Actions catalytiques d'une nouvelle série de composés azotés* [1]. *Observations générales sur les composés azotés*. Note [2] de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse** et **Marius Badoche.**

Nous avons étudié les propriétés catalytiques des 37 nouvelles substances suivantes :

Chlorhydrate d'hydroxylamine, N-phénylhydroxylamine, cupferron. Nitrosodiéthylamine, nitrosopipéridine, N-nitrosométhylaniline, *p*-nitrosodiméthylaniline, nitrosométhyluréthane. Nitrite d'amyle. Nitrométhane, nitroéthane, nitrobenzène. Hydrate, sulfate et acétate d'hydrazine; méthylhydrazine et sulfate, phénylhydrazine, chlorhydrate de diphénylhydrazine dissymétrique, hydrazobenzène; N-acétyl-N'-phénylhydrazine, orthoxybenzoylhydrazine, azobenzène. Azoture d'orthoxybenzoyle. Brun Bismarck, ponceau de xylidine, rouge Congo. Auramine. Vert malachite et leucobase, rosaniline, fuchsine. Orangé d'acridine. Indigotine. Violet de méthylène BN. Bleu meldola. Bleu de méthylène.

Voici les résultats de nos expériences :

1. Opposé à l'acroléine à la dose de 1 pour 1000, le chlorhydrate d'hydroxylamine produit un ralentissement de l'oxydation d'abord (quelques heures) faible, puis considérable; à la même dose, la N-phénylhydroxylamine empêche d'abord (quelques jours) totalement l'oxydation, puis elle s'effectue à la vitesse du témoin. Les deux mêmes substances, à la même dose, ralentissent notablement l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque. Le chlorhydrate d'hydroxylamine, à 1 pour 1000, ralentit notablement l'oxydation du styrolène. La N-phénylhydroxylamine, à 1 pour 1000, a empêché le

---

(1) A la liste des auteurs que nous avons précédemment cités comme ayant étudié les propriétés catalytiques de composés azotés, nous avons à ajouter M. Taradoire, qui poursuit d'intéressantes recherches sur l'oxydation des huiles siccatives.

(2) Séance du 8 novembre 1926.

furfurol de s'oxyder pendant les cinq mois qu'a duré l'observation; et, à la dose de 1 pour 100, elle a ralenti notablement l'oxydation du sulfite de sodium. Le cupferron, à 1 pour 100 et même à 1 pour 1000, est un bon antioxygène de l'acroléine.

2. Les bases nitrosées à l'azote sont le plus souvent inactives ou peu actives, et il en est de même du nitrosométhyluréthane. Il faut noter que la nitrosométhylaniline n'a empêché l'oxydation de l'acroléine et de l'aldéhyde benzoïque que pendant 15 heures, et que la nitrosodiéthylamine et la nitrosométhylaniline, à 1 pour 100, ont nettement ralenti l'oxydation du sulfite de sodium.

Par contre, la paranitrosodiméthylaniline, où le groupe NO n'est pas lié à l'azote aminé, s'est montrée, à la dose de 1 pour 1000, bon stabilisateur de l'acroléine, de l'aldéhyde benzoïque, du furfurol et du styrolène, et, à 1 pour 100, du sulfite de sodium.

Le nitrite d'amyle, à 1 pour 100, accélère considérablement l'oxydation de l'acroléine et du styrolène, beaucoup moins celle de l'aldéhyde benzoïque ([1]).

3. A la dose de 1 pour 100, ont été trouvés sans action ou légèrement antioxygènes: le nitrométhane vis-à-vis de l'acroléine et de l'aldéhyde benzoïque, le nitroéthane vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque, la nitrobenzène vis-à-vis de l'acroléine; par contre, nettement ralentisseur vis-à-vis de l'alhéhyde benzoïque s'est montré le nitrobenzène à la même dose. Les trois mêmes dérivés nitrés, à la même dose, ont été trouvés sans action ou très faiblement prooxygènes vis-à-vis du styrolène.

4. La phénylhydrazine à 1 pour 1000 et le chlorhydrate de diphénylhydrazine dissymétrique à 1 pour 100 sont des antioxygènes actifs vis-à-vis de l'acroléine, tandis que le sulfate et l'acétate d'hydrazine (peu solubles) n'ont produit qu'un faible ralentissement de l'oxydation.

A 1 pour 1000, la phénylhydrazine et le chlorhydrate de diphénylhydrazine dissymétrique exercent une action antioxygène importante vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque. Des ralentissements notables sont produits par l'hydrate d'hydrazine, la méthylhydrazine, l'hydrazobenzéne; l'action du sulfate et de l'acétate d'hydrazine est sensiblement nulle (faible solubilité).

La phénylhydrazine à 1 pour 1000 accélère l'oxydation du styrolène; à la même dose, la même action, mais faible, est produite par l'hydrate et l'acétate d'hydrazine.

On a remarqué que l'acétylation de la phénylhydrazine diminuait moins le pouvoir antioxygène de la base qu'elle ne diminue celle des amines ordinaires.

L'azobenzène, opposé à l'acroléine et à l'aldéhyde benzoïque, s'est comporté comme antioxygène peu actif à la dose de 1 pour 1000; à 1 pour 100, l'action ralentissante était importante.

([1]) Cette absorption accélérée de l'oxygène ne doit pas être rapportée à une oxydation pure et simple du nitrite d'amyle, bien que ce corps soit lui-même autoxydable. Nous avons, en effet, constaté que la vitesse d'oxydation du nitrite d'amyle à l'état pur, c'est-à-dire au maximum de concentration, est moindre que celle de sa solution à 1 pour 100 dans l'acroléine ou dans le styrolène. Nous avons d'ailleurs, à titre de contrôle, vérifié que la dilution du nitrite d'amyle à 1 pour 100 dans un solvant pratiquement inoxydable, le benzène, ne s'oxydait qu'avec une extrême lenteur : l'action catalytique positive est donc manifeste.

L'orthoxybenzoylhydrazine, à 1 pour 1000, ralentit beaucoup l'oxydation de l'acroléine et faiblement celle de l'aldéhyde benzoïque; nous n'avons observé, à la même dose, aucune action de l'azoture d'orthoxybenzoyle.

5. L'auramine est un très bon stabilisateur, à 1 pour 100, de l'acroléine, et, déjà à 1 pour 1000, de l'aldéhyde benzoïque, du furfurol et du styrolène.

Le vert malachite et sa leucobase sont de bons stabilisateurs, à 1 pour 1000, de l'acroléine et de l'aldéhyde benzoïque; la leucobase, à 1 pour 100, protège aussi très bien le styrolène. Il est à signaler que la leucobase ne se colore que très légèrement, ce qui indique qu'elle reste sensiblement inaltérée. A 1 pour 1000, la rosaniline et la fuchsine ont ralenti considérablement l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque et la fuchsine celle de l'acroléine.

L'indigotine, à 1 pour 100, a empêché l'oxydation de l'acroléine pendant quelques heures.

Les autres matières colorantes sur lesquelles nous avons fait quelques essais étaient des produits commerciaux, par conséquent, à la différence des précédents, plus ou moins impurs, et, en particulier, renfermant souvent, comme on sait, des proportions importantes de matières minérales. Avec l'aldéhyde propylique, à 1 pour 100, l'orangé d'acridine a seul manifesté une action antioxygène notable. Vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque, à 1 pour 100, l'action antioxygène était intense dans le cas du brun Bismarck et du bleu de méthylène, moindre dans le cas du rouge Congo, du violet de méthylène BN et du bleu Meldola, sensiblement nulle dans celui du ponceau de xylidine. A la même dose, le violet de méthylène BN s'est montré bon stabilisateur du styrolène, le ponceau de xylidine et le bleu Meldola n'en ont ralenti que faiblement l'oxydation, le brun Bismarck et le rouge Congo l'ont légèrement accélérée, le bleu de méthylène et l'orangé d'acridine sont sensiblement sans action.

Observations générales sur les composés azotés. — Quoique ayant porté sur un grand nombre (177) de substances, pour chacune desquelles des courbes ont été dressées (elles seront publiées dans un autre Recueil), nos essais en ce qui concerne les composés azotés, dont on connaît la multiplicité et la grande variété, sont loin d'avoir épuisé le sujet. Nous n'avons encore pu qu'explorer ce vaste domaine à grands traits, et beaucoup d'autres expériences sont nécessaires pour que des règles générales puissent être formulées. Des indications sérieuses ont pu toutefois être dégagées, comme on l'a vu, de l'état d'avancement actuel de nos travaux.

Une extension de ces recherches est désirable : elle sera envisagée dans l'avenir. En attendant, les résultats déjà acquis suffisent à légitimer l'importance que dans une Note précédente nous avions cru devoir attribuer à l'élément *azote* en tant que susceptible de conférer aux molécules qui le contiennent, vis-à-vis de l'autoxydation, une action ralentissante (antioxygène) ou accélératrice (prooxygène).

D'un point de vue pratique, les faits que nous avons établis doivent, en raison de la grande diffusion des composés azotés, avoir des répercussions

dans maints domaines. Remarquons, notamment, que les matières colorantes ne peuvent pas être considérées comme des substances inertes : ce sont des catalyseurs, et elles peuvent, par leurs groupements azotés, fonctionner comme antioxygènes ou comme prooxygènes, et, par suite, exercer sur les tissus, par exemple, des actions protectrices ou destructrices, suivant qu'elles contrarieront ou, au contraire, qu'elles favoriseront, l'action de l'oxygène de l'air.

Par ailleurs, ainsi que nous l'avons fait remarquer antérieurement, la catalyse d'autoxydation en présence de corps azotés doit attirer particulièrement l'attention du biologiste, puisque toutes les oxydations par l'oxygène libre chez les êtres vivants ont lieu, en fait, en présence de matières azotées. Notre étude, dont l'objectif n'était pas d'ordre biologique, ne permet évidemment pas de répondre aux multiples questions que soulève un aussi vaste problème. Mais entre autres indications, on peut en retenir que l'influence des composés azotés dans les phénomènes d'autoxydation chez les êtres vivants n'apparaît pas, somme toute, aussi grande que pourraient le laisser supposer *a priori*, d'une part l'abondance de ces matières dans l'organisme, et d'autre part la grande activité de certaines des fonctions que nous avons étudiées. La raison en est sans doute dans la fréquence des groupes carboxyles, qui tendent plutôt à diminuer l'action des groupes aminés, et dans le fait que les groupes aminés chez les êtres vivants se trouvent le plus souvent sous la forme *amide* (polypeptides par exemple), fonction généralement peu active.

Il conviendra de se rappeler également, du même point de vue, que les actions des composés azotés sont beaucoup plus souvent ralentissantes qu'accélératrices.

GÉOLOGIE. — *Les marbres de Sarrancolin et de Saint-Béat dans les Pyrénées centrales.* Note de M. **H. Douvillé**.

On connaît depuis longtemps dans les Pyrénées centrales une curieuse zone de calcaires marmoréens, en bordure des terrains paléozoïques; ils se présentent comme un mur vertical, plus ou moins démantelé qui s'élève sur certains points à plus de 500^{m} de hauteur, avec une épaisseur pouvant dépasser 1000^{m}.

Léon Bertrand les a signalés en 1908 [1], depuis Saint-Béat jusqu'à

[1] *Bulletin des services de la carte géologique de France*, **17**, 1907, n° **118**, p. 133.

Sarrancolin et en 1904 Carez avait noté leur prolongement presque jusqu'au Gave de Pau; il les considérait comme de l'Aptien métamorphique. Ce sont toujours des marbres plus ou moins cristallins, de couleur claire, quelquefois tachés de rouge. Ils viennent s'appuyer au Sud presque toujours sur le permo-trias, également vertical.

La succession des couches est très nette au sud de Sarrancolin : la carte géologique indique un affleurement de schistes albiens à Beyrède Jumet; au Sud, la route, qui à mi-cote conduit à Jumet, donne une très bonne coupe : c'est d'abord la partie supérieure des schistes albiens, représentée par des calcaires en plaquettes et des calcaires finement lités, en couches verticales. Plus loin des fragments anguleux apparaissent dans les calcaires qui prennent une structure glanduleuse; on observe ensuite des intercalations de lentilles d'un calcaire grisâtre tantôt compact, tantôt bréchique; elles augmentent progressivement d'importance, leur couleur devient plus claire, des taches rouges apparaissent et l'on passe ainsi insensiblement à la grande masse des marbres de Sarrancolin, exploités plus haut. La roche bariolée de blanc, de gris et de rouge est tantôt compacte, tantôt bréchoïde; sur d'autres points elle présente des traces nettes d'une structure rubanée; son épaisseur dépasse certainement 200^m. Elle est fossilifère par places : Bresson en 1903 y a signalé des Caprines et a attribué ces couches au Cénomanien; sans doute ce genre a été signalé à un niveau plus ancien (et pour cette raison Carez a maintenu ces couches dans l'Aptien), mais jamais dans les gisements aptiens des Pyrénées. Du reste j'ai reconnu moi-même une coupe très nette de *Caprina adversa*, dans un échantillon de ce marbre, au Musée béarnais de Pau. Le « Sarrancolin » est donc bien cénomanien et la coupe montre le passage continu de l'Albien au Cénomanien, avec intercalations de brèches, incontestablement sédimentaires.

Revenons vers l'Est : les calcaires marmoréens sont largement développés à la traversée du vallon de Ferrère; les carrières exploitées montrent un calcaire gris rubané plus ou moins cristallin, devenant blanc par places, et quelquefois chargé de dipyre.

Plus intéressante est la coupe au sud de Sost, où dans la masse des mêmes calcaires gris bleuâtre, rubanés, on voit s'intercaler, vers la base, 3 ou 4 bancs lenticulaires de 10, 4 et 20^m d'épaisseur, de calcaires presque blancs, tantôt compactes, tantôt bréchiques, dont les affleurements réguliers se dessinent en saillie sur la pente de la montagne. Des blocs rappelant le marbre de Sarrancolin ont été extraits de la dernière couche de brèche, et immédiatement à côté une carrière a été ouverte entre les deux couches

de brèche, montrant, sur une quinzaine de mètres, les couches verticales tout à fait régulières d'un calcaire plus ou moins finement rubané. Ici aussi les brèches sont incontestablement sédimentaires.

L'escarpement de Cierp, à gauche de la Pique, montre les mêmes calcaires rubanés, souvent très cristallins et chargés de dipyre, s'appuyant sur la brèche permienne comme Leymerie l'avait figuré.

De l'autre côté de la vallée, à partir de Marignac, des carrières sont ouvertes à la base de la grande muraille des calcaires marmoréens, exploités pour moëllons ou pierre à chaux. Ils sont quelquefois blancs, mais le plus souvent gris, rubanés, et leur stratification est nettement verticale dans les premières carrières.

Sur la pente, bien au-dessus, sont ouvertes les exploitations des marbres blancs de Saint-Béat, quelquefois légèrement marbrés de gris; ils constituent une lentille intercalée dans les calcaires gris, tandis qu'à la base, avant les maisons de Saint-Béat, les calcaires rubanés fournissent un marbre plus commun.

Des exploitations dans les mêmes couches sont ouvertes sur la rive droite de la Garonne, au-dessus de l'église; la roche est très cristalline, sans que cependant le rubanement soit entièrement effacé. Si nous traversons la barre calcaire en allant vers le Sud, nous retrouverons à sa base de nouvelles carrières, dites « des Romains », où l'on exploite activement une belle brèche jaunâtre massive, rappelant les brèches de Sost; un peu plus loin elle vient s'appuyer verticalement sur un massif d'ophite.

Sur tous les points que je viens de passer en revue, la disposition des couches est la même : c'est toujours une masse verticale de calcaires bien lités, d'abord en plaquettes, puis rubanés quand le métamorphisme est plus accentué, avec intercalations régulières de brèches stratigraphiques ou de calcaires compacts, résultant du métamorphisme de calcaires construits. Ils sont placés à la limite des terrains crétacés et viennent s'appuyer au Sud sur le permo-trias en couches également verticales.

Comme nous l'avons vu plus haut, Carez avait indiqué le prolongement plus ou moins discontinu de ces couches marmoréennes à l'Ouest, jusqu'à Cotdoussan, à peu de distance du gave de Pau, avec par places des débris de Rudistes. J'ai signalé moi-même au delà, en 1918 [1], un calcaire du même type au nord d'Argelès, formant une butte isolée au sud du village de Salles. C'est un marbre bréchique de couleur claire rappelant le « Sar-

---

[1] *Comptes rendus*, **167**, 1918, p. 662.

rancolin » et qui même a été l'objet d'une tentative d'exploitation; à cause de sa nature, il avait été attribué sur la carte géologique au Dévonien supérieur, représenté dans la région par des calcaires de couleur bariolée. Il est associé à un système complexe de brèches, qui repose sur le Trias ophitique.

Ces brèches d'abord à gros éléments et de couleur foncée commencent au village de Serre, puis au Nord, sur la rive gauche du torrent, forment la base de la butte; celle-ci isolée et boisée est couronnée par un escarpement rocheux. Le banc principal qui le constitue a été mis à jour sur une hauteur verticale d'une dizaine de mètres, immédiatement au sud du sommet; sur le fond clair de la roche on voit se détacher des fragments jaunes ou rouges, associés à des roches verdâtres et à des dolomies noires beaucoup plus rares. Au sommet les éléments colorés deviennent moins nombreux et sur le versant nord, les blocs qui affleurent sont presque entièrement blancs.

A l'ouest de la carrière quelques lits schisteux viennent s'intercaler entre les bancs de brèche. Au Nord, ceux-ci affleurent jusqu'aux premières maisons du village, alternant avec des schistes. Tout cet ensemble a une épaisseur d'au moins 500^{m}; un échantillon bien caractérisé de *Caprina adversa* a été trouvé dans les marbres bréchiques; ils sont donc cénomaniens comme à Sarrancolin.

Des brèches analogues affleurent sur la rive droite du gave, à l'ouest de Boo-Silhen, avec des lentilles de brèches grisâtres; elles ont été comme les précédentes minutieusement étudiées par J. de Lapparent; dans l'ensemble, elles sont nettement sédimentaires, abstraction faite des quelques points où des brèches de friction ne sont pas douteuses. Le croquis que M. Viennot a donné de cette tranchée (1) ne me paraît pas avoir interprété très exactement la disposition générale des couches; j'ai de celles-ci sous les yeux, de très bonnes photographies sur lesquelles la stratification verticale est bien mise en évidence. La comparaison de ces brèches, avec celles de Sarrancolin, vient encore confirmer cette manière de voir.

En résumé on voit que depuis Argelès jusqu'à Saint-Béat, les calcaires marmoréens ou bréchiques se présentent toujours dans les mêmes conditions à la limite des terrains secondaires et du permo-trias; il faut les considérer comme représentant à très peu près le rivage du Cénomanien (2).

---

(1) *Bull. Carte géol. de Fr.*, 27, n° 151, 1923, p. 2, 3.

(2) Des marbres analogues à *Caprina adversa* ont été signalés plus à l'Ouest dans la région de Larrau.

C'est la nappe B de Léon Bertrand, qui passerait sous les granites du massif de la Barousse, nappe C, charriée vers le Nord. On ne se rend pas bien compte d'où pourraient venir ces granites, dont on ne connaît pas d'affleurements au Sud, ni comment se ferait le raccordement de la nappe B si elle reparaissait au nord de la nappe C. Il est certain, comme l'a montré Léon Bertrand, que les calcaires marmoréens sont chevauchés par les granites de la Barousse; d'après la coupe de Sarrancolin ces calcaires comprendraient à la fois le Cénomanien et au moins une partie de l'Albien; il semble que cette grande masse de calcaires verticaux représenterait plutôt la retombée d'une grande voûte, d'un pli anticlinal disloqué, dont le massif de la Barousse représenterait le noyau et le flanc supérieur. Celui-ci est couronné à son sommet par les couches à Plicatules de l'Aptien supérieur et par des calcaires cristallins. Roussel, dans une coupe, les figure (1) au sommet de las Parets (montagne de Cagire, cote 1843) et les considère comme les mêmes que ceux qui à $2^{km},5$ au Sud-Est constituent la crête rocheuse de la cote 1380, à l'est de Boutx. Or celle-ci a fourni *Horiopleura Lamberti*, elle serait donc albienne. Elle s'appuie au Sud sur un massif d'ophite; elle serait ainsi dans les mêmes conditions que les calcaires marmoréens de Saint-Béat, dont elle représenterait le prolongement; l'anticlinal serait là presque fermé. C'est en tout cas le troisième point fossilifère de cette longue bande albocénomanienne que nous suivons depuis le nord d'Argelès.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthérification des alcools hydroaromatiques.*

Note de MM. **Jean-Baptiste Senderens** et **Jean Aboulenc**.

I. Dans le but d'étendre aux alcools hydroaromatiques la méthode catalytique d'éthérification qui avait fourni à l'un de nous les éthers-oxydes de la série grasse et de la série aromatique (2), nous avons commencé par chauffer le cyclohexanol avec 2 pour 100 en volume d'acide sulfurique concentré.

A 120-122°, il n'y a qu'une très faible ébullition; la presque totalité du liquide reste dans le ballon et est constituée par du cyclohexanol avec, environ, 10 pour 100 de *cyclohexène*, bouillant à 82-83°.

---

(1) *B. S. G. F.*, 3e série, **16**, 1888, p. 823.

(2) Cf. J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1412; **179**, 1924, p. 1015; **181**, 1925, p. 698; **182**, 1926, p. 612.

A 130°, la proportion de cyclohexène s'élève à 70 pour 100 qui distillent avec de l'eau et un peu de cyclohexanol, tandis que, dans le ballon, reste un liquide bouillant à 240°, présentant les réactions caractéristiques des carbures tétrahydroaromatiques, le *dicyclohexène* qui se formerait d'après l'équation

$$2C^6H^{11}OH = C^{12}H^{20} + 2H^2O$$

correspondant au schéma

```
        CH²              CH²
  CH²/    \C ======= C/    \CH²
    |      |          |      |
  CH²\    /CH²    CH²\    /CH²
        CH²              CH²
```

En remplaçant l'acide sulfurique concentré par l'hydrate

$$SO^4H^2 + 3H^2O \quad (51^\circ \text{ B.})$$

on a eu sensiblement les mêmes résultats. Dans aucun de ces cas il ne se forme de l'oxyde de cyclohexyle.

II. Ayant échoué dans la préparation de cet oxyde, et nous fondant sur la facilité avec laquelle se préparent certains oxydes dérivés de deux alcools différents [1], nous avons essayé d'obtenir des éthers mixtes par l'action de l'acide sulfurique sur un mélange de cyclohexanol et d'un alcool forménique ou aromatique.

Avec les alcools forméniques, l'oxyde mixte ne se forme pas. C'est ainsi que le mélange de cyclohexanol et d'alcool isoamylique, chauffé avec l'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$, donne de l'oxyde d'isoamyle, du cyclohexène, de l'amylène sans oxyde cyclohexylamylique.

Il n'en est plus de même avec les alcools aromatiques.

Le mélange à volumes égaux de cyclohexanol et d'alcool benzylique chauffé avec 2 pour 100 d'hydrate $SO^4H^2 + 3H^2O$ bout à 130°-135°. Il distille de l'eau et du cyclohexène, tandis que le liquide du ballon se partage en deux parties A et B, à peu près égales :

A bouillant à 275°-280°	(oxyde cyclohexylbenzylique)
B bouillant à 290°-300°	(oxyde de benzyle)

La composition des liquides A et B se déduit facilement de leur traite-

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1412.

ment à chaud par l'hydrate $SO^4H^2 + 2H^2O$ qui donne avec A :

$$2C^6H^{11}O.CH^2.C^6H^5 = 2C^6H^{10} + C^{14}H^{12} + 2H^2O$$

Oxyde cyclohexylbenzylique. — Cyclohexène. — Résine.

Le liquide B ne donne pas de cyclohexène, mais simplement la résine qui se forme tumultueusement vers 170° et qui caractérise l'oxyde de benzyle [1]:

$$C^6H^5.CH^2.O.CH^2C^6H^5 = C^{14}H^{12} + H^2O$$

Résine.

Ainsi la déshydratation catalytique, par l'acide sulfurique, du mélange de cyclohexanol et d'alcool benzylique fournit, avec une certaine quantité de cyclohexène, la réaction suivante :

$$C^6H^{11}OH + 3C^6H^5CH^2OH = C^6H^{11}OCH^2C^6H^5 + (C^6H^5CH^2)^2O + 2H^2O.$$

Cyclohexanol. — Alcool benzylique. — O.Cyclohexylbenzylique. — O. de benzyle.

III. En remplaçant, dans cette réaction, le cyclohexanol par :

Le métaméthylcyclohexanol $CH^3C^6H^{10}OH.1.3$;

Le paraméthylcyclohexanol $CH^3C^6H^{10}OH.1.4$;

Le diméthylcyclohexanol $(CH^3)^2C^6H^9OH.1.3.4$;

Le menthol (méthyl$_1$-méthoéthyl$_4$-cyclohexanol$_3$),

nous avons obtenu, avec l'alcool benzylique, les oxydes mixtes correspondants qui ne paraissent pas avoir été décrits.

A la pression ordinaire ces divers oxydes, comme d'ailleurs l'oxyde de benzyle, distillent avec une certaine décomposition. Le tableau suivant renferme, avec les densités de ces oxydes, leurs points d'ébullition sous la pression $H = 50^{mm}$.

Oxydes.	P. E. corr. $H = 50^{mm}$.	D_4^{15}.
Benzylique	211°–213°	1,036
Cyclohexylbenzylique	182 –183	1,008
Métaméthylcyclohexylbenzylique	186,5–187,5	1,006
Paraméthylcyclohexylbenzylique	190,5–191,5	1,004
Diméthylcyclohexylbenzylique	192 –193	1,005
Méthylbenzylique	198 –200	1,001

Il nous restera à décrire les oxydes mixtes que fournissent les alcools hydroaromatiques lorsqu'on remplace l'alcool benzylique par ses homologues.

---

(1) *Loc. cit.*

ALGOLOGIE. — *Sur le développement du* Colpomenia sinuosa *Derb. et Sol.* Note de M. **Camille Sauvageau**.

Les affinités obscures du *Colpomenia sinuosa* donnent un intérêt particulier à la culture de ses zoospores. Dès la fin de décembre 1904, j'avais obtenu à Ténériffe des filaments rampants sur chacun desquels, après un mois, le cloisonnement localisé de certaines cellules fournissait des protubérances gloméruleuses. Les cultures ne furent pas conservées plus longtemps et cette observation est restée inédite. Peu d'années après, le *Colpomenia*, jusque-là cantonné dans les mers plus chaudes, apparut et se répandit sur nos côtes atlantiques; d'autre part, la question du *Cæpidium*, soulevée par Skottsberg, donnait une nouvelle importance à la connaissance des premiers stades de son développement.

Des filaments rampants, provenant de cultures entreprises à Guéthary en 1921 et 1923, moururent avant d'offrir les ébauches obtenues à Ténériffe. Des cultures commencées le 29 mars 1926 furent plus heureuses. Vers cette date, Killian et Werner (¹) constataient, à la base de très jeunes *Colpomenia* trouvés dans la nature, la présence d'un filament monosiphonié qui indiquerait une parenté possible avec les *Ectocarpus;* le cloisonnement de ses branches dressées engendrerait la plantule. A mon sens, ce filament rampant marque une autre parenté, car il se comporte comme un protonéma; en outre, on va voir que les plantules ne prennent pas leur origine dans des branches dressées.

Les déhiscences furent abondantes dès la matinée du 30; aucune copulation ne se produisit, et la germination des embryospores, larges d'environ 6$^{\mu}$, fut générale. Elles fournissent un filament composé de cellules allongées renfermant chacune, comme celles de la plante adulte, un chromatophore accompagné d'un pyrénoïde très net. Ces filaments, simples ou ramifiés, pilifères ou dépourvus de poils, se comportent différemment suivant qu'ils sont isolés ou entassés par l'accumulation des embryospores, avec d'ailleurs toutes les formes de passage.

D'abord cylindriques, les cellules des filaments isolés se renflent; certaines d'entre elles prennent une cloison de direction quelconque, puis

(¹) Killian et Werner, Leathesia *et* Colpomenia *ont-ils un développement convergent?* (*Rev. gén. de Botanique*, Paris, 38, 1926, p. 86).

chacune des deux cellules filles se cloisonne de même; ceci se répète et un glomérule mûriforme, massif, qui est un futur *Colpomenia*, est bientôt constitué. Un filament engendre un ou plusieurs glomérules suivant le nombre de ses cellules ainsi cloisonnées; il a donc tout à fait le caractère d'un protonéma. Si le protonéma engendre un seul glomérule, on pourra le retrouver dans la nature à la base du jeune *Colpomenia;* mais si, comme c'est fréquent, il en engendre plusieurs, contigus ou séparés par un petit nombre de cellules stériles, les glomérules se soudent généralement l'un à l'autre, ont une croissance commune, constituent un seul *Colpomenia;* des glomérules plus distants restent indépendants l'un de l'autre, tout au moins au début. Dans tous les cas, leurs cellules sont d'abord plus ou moins globuleuses et n'ont nullement la signification de branches dressées. Le 5 mai, mes cultures offraient des centaines de ces jeunes *Colpomenia;* les plus gros mesuraient déjà 300$^{\mu}$; bien avant d'atteindre cette taille, ils avaient uniformisé leur surface, qui était devenue aussi régulière que celle d'un individu adulte et qui ne montrait plus la trace de la coalescence des glomérules.

Les protonémas provenant d'embryospores entassées se comportent souvent autrement. Des cellules, contiguës ou non, émettent un prolongement plus ou moins dressé, qui se cloisonne transversalement en quelques longues cellules et que termine fréquemment un poil éphémère et étroit. Si l'un des protonémas de cet ensemble a produit un *Colpomenia*, ces branches irradiantes, souvent nombreuses, plus ou moins dressées et ondulées, l'entourent comme si elles sortaient de sa base, bien qu'elles en soient indépendantes. Le 5 mai, on ne comprenait pas encore leur signification. Mais, un mois plus tard, la plupart d'entre elles constituaient, plus souvent à leur extrémité distale libre qu'en un autre point, une cellule courte et renflée dont le cloisonnement produisait un petit glomérule semblable aux précédents. Ces branches irradiantes multiplient donc la faculté génératrice du protonéma en formant de petits *Colpomenia* qu'on pourrait qualifier d'adventifs; on ne peut les considérer comme dues à l'influence du milieu confiné des cultures, et cependant je les ai vainement cherchées à la base de très jeunes *Colpomenia* récoltés sur le *Padina*, ce qui laisse croire que les embryospores s'agglomèrent moins souvent dans la nature que dans les cultures cellulaires, ou qu'elles y sont plus facilement détruites.

Si l'on s'en rapporte aux dessins de Kuckuck, publiés par Oltmanns, les zoospores du *Phyllitis* et du *Scytosiphon* fournissent un protonéma rappelant celui du *Colpomenia*, et ceci confirme l'interprétation de Falkenberg

et de Kjellman qui rapprochaient ces trois genres dans un même groupe. En aucun cas, je n'ai vu le protonéma se ramifier pour constituer un stroma; il n'y a donc point de parenté entre le *Colpomenia* et le *Cæpidium*, ce qui confirme l'assertion de Skottsberg.

Les *Colpomenia* de mes cultures moururent avant de fructifier; cependant, j'observai en septembre des protonémas de seconde génération. C'est que le cloisonnement d'une cellule courte de certaines branches irradiantes, s'étant arrêté avant de composer un glomérule, avait développé un sporange pluriloculaire, ou un groupe de sporanges pluriloculaires. Les petits *Colpomenia* adventifs de ces vieilles cultures se réduisaient alors à un sporange ou à un groupe de sporanges qui, n'étant pas disposés en sore, sont moins régulièrement cylindriques que ceux des plantes adultes figurés par Mitchell, Okamura, Börgesen. Un prochain Mémoire donnera le détail de ces diverses formations.

MÉDECINE. — *Sur la transmission intra-utérine du virus tuberculeux de la mère à l'enfant.* Note [1] de MM. **A. Calmette, J. Valtis** et **M. Lacomme.**

Dans une précédente Note (19 octobre 1925), deux d'entre nous, avec A. Boquet et L. Nègre, montraient qu'il existe dans les produits tuberculeux et dans les cultures du bacille de Koch des éléments virulents filtrables à travers les bougies Chamberland L-2, invisibles au microscope et qui, si on les inocule sous la peau des cobayes femelles, avant ou pendant la gestation, peuvent traverser le placenta, infecter l'organisme des fœtus et déterminer des lésions tuberculeuses dans lesquelles on retrouve les formes non filtrables et acido-résistantes du bacille tuberculeux.

Ce fait a été confirmé depuis par d'autres expérimentateurs, en particulier par F. Arloing et A. Dufourt [2] pour les cobayes femelles. Ces mêmes auteurs ont, en outre, signalé un fait de transmission intra-utérine du virus tuberculeux d'une mère phtisique à son enfant né prématurément et qui, ayant été isolé dès sa naissance, était mort au bout d'un mois sans présenter de lésion apparente. Mais le suc des ganglions mésentériques

---

[1] Séance du 8 novembre 1926.

[2] *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 826; *Bull. Acad. de Méd.*, 95, 16 février, 23 mars et 27 avril 1926.

broyés de cet enfant, filtré et inoculé au cobaye, faisait apparaître après deux mois, dans plusieurs groupes ganglionnaires de cet animal, des bacilles acido-résistants, sans lésions visibles.

Les ressources cliniques du service de tuberculeuses annexé à la clinique obstétricale Baudelocque nous ont permis de poursuivre l'étude de cet important problème, et nous apportons ici les résultats de nos premières recherches, poursuivies avec la collaboration de M. A. Couvelaire.

Du 1[er] janvier au 23 septembre 1926, 99 femmes tuberculeuses, pour lesquelles la séparation de la mère et de l'enfant avait été jugée nécessaire, sont venues accoucher ou avorter à la clinique Baudelocque.

Sur les 100 enfants ou fœtus expulsés par ces 99 femmes, 3 fœtus ont été expulsés avant le sixième mois (avortement), 12 sont mort-nés ou sont décédés quelques heures après leur naissance, et 85 sont nés vivants et viables. Parmi ces derniers, 6 sont morts à la clinique, — 3 par infection pulmonaire et 3 par dénutrition progressive.

Le déchet global fut donc de 21 enfants ou fœtus.

De ces 21 enfants ou fœtus, 10 seulement ont pu être autopsiés et ont fait l'objet de nos recherches de laboratoire.

I. Sur quatre enfants mort-nés de femmes tuberculeuses, dont *deux extraits par opération césarienne*, l'un avant, l'autre après la mort de la mère, nous avons trouvé chez *trois* d'entre eux des bacilles à l'examen direct du produit d'écrasement des ganglions coronaires, mésentériques et du hile du foie. L'inoculation de la pulpe de ces ganglions, ainsi que du foie et de la rate, a été positive pour les quatre enfants. Celle du filtrat, sur bougie Chamberland L-2 de cette pulpe s'est montrée également positive pour *trois* enfants sur quatre (jusqu'à présent).

II. Deux enfants pesant, l'un 3420^g, l'autre 2000^g à la naissance, morts sans cause apparente, le premier à 18 jours (dénutrition), le deuxième à 3 jours, et dont les organes viscéraux et ganglionnaires, paraissant d'ailleurs absolument indemnes, ne contenaient aucun bacille de Koch visible, ont également fourni des résultats positifs à la suite de l'inoculation au cobaye du produit de broyage de ces organes.

Au total, sur 9 enfants ou fœtus qui n'ont eu, après leur extraction ou leur naissance, aucun contact avec leur mère tuberculeuse, il a été possible, chez *trois* d'entre eux, de trouver des bacilles à l'examen direct, et *tous* avaient dans leurs viscères et dans leurs ganglions coronaires et mésentériques des éléments virulents qui, inoculés aux cobayes, provoquaient presque constamment l'apparition, chez ces animaux, dans divers groupes ganglionnaires, de formes bacillaires colorables par le procédé de Ziehl, peu nombreuses, qu'on ne pouvait souvent découvrir que par des examens prolongés et minutieux, mais parfaitement nets.

Jusqu'ici, pour quatre de ces enfants, les filtrats de leurs organes se sont montrés virulents et, pour l'un d'entre eux, l'inoculation au cobaye du suc des ganglions mésentériques et coronaires a déterminé, seulement au bout de six mois, comme *unique lésion visible*, une légère adénopathie trachéo-bronchique avec bacilles de Koch abondants, sans caséification.

De ces faits on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Au cours de certaines infections tuberculeuses graves, le passage du virus tuberculeux de la mère au fœtus, pendant la gestation, peut se produire moins exceptionnellement qu'on ne l'avait cru jusqu'ici.

2° L'infection tuberculeuse transplacentaire est le plus souvent réalisée par des éléments invisibles au microscope, filtrables à travers les bougies de porcelaine poreuse, pathogènes pour le cobaye, et que nous désignons sous le nom d'*ultravirus tuberculeux*. Le *Bacille de Koch*, issu de cet ultravirus, représente un état plus avancé de développement des éléments filtrables qui le constituent, et paraît en être une forme de résistance.

Ces notions nouvelles, qui se dégagent de nos expériences, ne peuvent entraîner aucune modification aux directives générales de la protection des enfants, issus de tuberculeuses, contre la contagion maternelle et familiale. Cette contagion reste incontestablement le plus important facteur de contamination des jeunes enfants après leur naissance. On en trouve une preuve évidente dans la comparaison de la mortalité des enfants *immédiatement séparés de leur mère phtisique, — ou vaccinés par le BCG et non séparés, —* avec celle des enfants nés dans les mêmes conditions, mais *non séparés* et *non vaccinés*.

M. **E.-L. Bouvier** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Le Communisme chez les Insectes*.

NOMINATIONS.

M. **A. Cotton** est désigné pour représenter l'Académie dans la *Commission administrative du Laboratoire central d'Électricité*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Sociétés d'Insectes. Leur origine — leur évolution,* par William Morton Wheeler. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° Paul Woog, *Contribution à l'étude du graissage. Onctuosité. Influences moléculaires.* (Présenté par M. M. Brillouin.)

3° *Expédition de S. A. S. le prince Kemal el Dine,* 1925-1926, trois cartes publiées par le Service géographique de l'Armée.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Déformation des surfaces et méthode de Weingarten.* Note [1] de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Goursat.

1. M. Goursat a montré [2] que l'équation de Monge-Ampère de la déformation et la résolvante de Weingarten, également du type de Monge-Ampère, se déduisent l'une de l'autre par une transformation de Bäcklund et que l'on passe d'une première résolvante à toute autre par une transformation de contact. La méthode est celle-ci : on attache à la surface S en jeu, lieu de $m(x, y, z)$, *intrinsèquement,* deux congruences rectilignes de tangentes (r), (n), définies par leurs paramètres directeurs $\frac{\partial x}{\partial u} + \alpha \frac{\partial x}{\partial v}, \ldots,$ $\frac{\partial x}{\partial u} + \beta \frac{\partial x}{\partial v}, \ldots,$ où α et β ne dépendent que de u et v et l'on cherche une surface Σ, lieu du point $M(X, Y, Z)$, de normale $MN(C, C', C'')$ telle que OM et MN soient respectivement parallèles à (r) et (n); R étant la longueur OM, on trouve d'abord deux équations ne liant que α, β, R

$$\beta = \frac{A\alpha + B_1 \frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial u}}{A + B\frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial u}} = \frac{C\alpha + B_1 \frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial v}}{C + B\frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial v}}, \tag{1}$$

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) *Comptes rendus,* **180**, 1925, p. 1303-1309.

où A, B, B_1, C ne dépendent que de α, E, F, G et de leurs dérivées du premier ordre. L'une des congruences, (r) par exemple, peut donc être choisie *arbitrairement*, l'autre en résulte après l'intégration préalable de l'une ou l'autre des deux équations équivalentes $C\frac{\partial R}{\partial u} - A\frac{\partial R}{\partial v} = 0$ ou $A\,du + C\,dv = 0$. Ce n'est qu'une fois α et β ainsi fixés que l'on peut former la résolvante de Weingarten, équation satisfaite par Σ. A toute surface Σ ainsi obtenue correspond, par trois quadratures, une surface S unique (sauf translation). Cela rappelé, je vais indiquer quelques propriétés géométriques.

2. Il y a *réciprocité entre les congruences* (r) *et* (n); il suffit de prendre la polaire réciproque de Σ relativement à une sphère de centre O. La connaissance, *a priori*, de deux fonctions associées α, β donne R par une différentielle totale $d\log R = (\beta - \alpha)(A\,du + C\,dv)$; les courbes $R = \text{const.}$ sont celles que l'on trouve en cherchant les surfaces réglées de la congruence (r) telles que leurs lignes de striction soient, non pas en dehors de S, mais des courbes K_r de S : Darboux a montré le premier l'importance de ces courbes et leur lien intrinsèque avec S. Les courbes analogues K_n, relatives à l'une *quelconque* des congruences (n) attachées à (r), s'obtiennent par une quadrature dès que les courbes K_r sont connues. Les courbes K_n et K_r donnent sur Σ l'intersection avec les sphères diverses de centre O ou les développables circonscrites à Σ et ces sphères. Une homothétie, de rapport variable d'une K_r (ou K_n) à l'autre, et de centre O, remplace Σ par une autre surface Σ' (ou Σ'') relative à la même fonction α (ou β), mais à un autre choix de la fonction associée β (ou α). A ce point de vue, il y a les surfaces remarquables : Σ' inverse de Σ; Σ'' podaire de Σ, relativement à O.

3. Les enveloppes situées sur S, des rayons (r) ou (n), $dv - \alpha\,du = 0$ ou $dv - \beta\,du = 0$ sont aussi avantageuses à considérer. Ces courbes étant prises pour lignes de coordonnées, on aura $X = \lambda\frac{\partial x}{\partial v}, \ldots,\ C = \mu\frac{\partial x}{\partial u}, \ldots,$ et la condition, symétrique en u et v,

$$W \equiv \frac{\partial^2 \log F}{\partial u\,\partial v} - \frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{1}{2F}\frac{\partial E}{\partial v}\right) - \frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{1}{2F}\frac{\partial G}{\partial u}\right) = 0.$$

Les courbes (u) et (v) ne peuvent (développables exclues) être rectangulaires. Weingarten a particularisé l'application de sa méthode générale au cas où sa résolvante traduit une relation entre les courbures totale et moyenne de Σ; ceci n'arrive pas, si les courbes (u) et (v) associées sont quelconques, la condition nécessaire et suffisante se dédouble en

$$\frac{\partial E}{\partial v} = 0 \qquad \text{ou} \qquad \Gamma \equiv \begin{Bmatrix} 22 \\ 1 \end{Bmatrix}\begin{Bmatrix} 11 \\ 2 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 12 \\ 1 \end{Bmatrix}\begin{Bmatrix} 12 \\ 2 \end{Bmatrix} = 0.$$

L'identité, non classique, où K est la courbure totale de S,

$$KF(EG - F^2) \equiv \Gamma(EG - F^2) + F^2 W$$

montre que $\Gamma = 0$ conduirait aux développables; il reste donc simplement $E =$ fonction de u, donc égal à 1, et l'on a, avec une fonction arbitraire V de v, $ds^2 = du^2 + 2\,d(V\theta)\frac{dv}{V}$, ce qui donne, sauf notations, précisément le type particulier de Weingarten, $ds^2 = du^2 + 2\,dv\,dw$, où w est une fonction donnée de u et v, $w = f(u, v)$; la surface particulière S_0, $x = u$, $y + iz = v$, $y - iz = 2w$ est alors l'une des surfaces représentatives du ds^2; les courbes K_r et K_n ont pour équation intrinsèque $\frac{\partial w}{\partial v} = 0$ et $\frac{\partial w}{\partial u} = 0$.

4. On peut alors se demander ceci : les courbes (u), (v) correspondant à ce type $ds^2 = du^2 + 2\,dv\,dw$, existe-t-il une autre surface Σ_1 correspondant à la même congruence (r) [tangentes aux courbes $u =$ const.], ou une autre surface Σ_2 correspondant à la même congruence (n) [tangentes aux courbes $v =$ const.], donnant une résolvante de Weingarten, toujours du type particulier cité à l'instant. En général, il n'existe aucune Σ_2 et il n'y a d'autre Σ_1 que la surface inverse de Σ (échange des rôles de v et w). Dans l'unique cas où S_0 est une surface réglée à plan directeur isotrope $y + iz =$ const., *toutes* les congruences (r) associées à (n) réussissent : elles dépendent de la déformation de S_0 en nouvelle surface réglée; on retrouve ainsi les surfaces indiquées par un autre procédé par M. Goursat en étudiant cette méthode de Weingarten. Dans l'unique cas où S_0 admet une déformation continue à *un paramètre* transformant les sections planes $u = x =$ const. en nouvelles lignes de niveau, il y a une série à *un paramètre* de congruences K_r associées à K_n, qui réussit à l'exclusion des autres. Il est assez curieux de retrouver ainsi les surfaces S_0 étudiées à un tout autre point de vue par M. Goursat.

Observations sur la Note précédente, par M. E. GOURSAT.

La plupart des propriétés énoncées par M. Gambier sont des cas particuliers des propositions plus générales démontrées dans un Mémoire que j'ai remis depuis plusieurs mois au *Bulletin de la Société mathématique*, et qui paraîtra sans doute prochainement.

GROUPES DE TRANSFORMATIONS. — *Sur les théorèmes fondamentaux de la théorie des groupes continus finis de transformations.* Note [1] de M. **Potron**, transmise par M. Appell.

1. Ces théorèmes sont les suivants :

a. Si les transformations S_a *réversibles*

$$x'_i = f_i(x_1, \ldots, x_n, a_1, \ldots, a_r) = f_i(x, a), \qquad x_i = F_i(x', a) \qquad (i = 1, \ldots, n)$$

forment un groupe, les n fonctions $F_i(x', a)$ *sont solutions d'un système* (E) *de r équations aux dérivées partielles* $(A_h + X'_h)y = 0$ $(h = 1, \ldots, r)$, *les* $2r$ *transformations infinitésimales* $A_h = \sum_l \alpha_{hl}(a)\frac{\partial}{\partial a_l}$ *divergentes* [2], *et* $X'_h = \sum_i \xi_{hi}(x')\frac{\partial}{\partial x'_i}$ *indépendantes* [2], *vérifiant les conditions, dites* (C), $(A_h, A_k) = \sum_l c_{hkl} A_l$, $(X'_h, X'_k) = \sum_l c_{hkl} X'_l$, *les* c_{hkl} *étant des constantes numériques* [3].

b. A r transformations infinitésimales X'_h, *indépendantes et vérifiant* (C), *on peut faire correspondre sur r variables r transformations infinitésimales* A_h, *divergentes et vérifiant* (C) [4].

c. Le système (E), *ainsi formé, définit un ensemble de transformations* S_a, *constituant un groupe* [5].

2. Les fonctions $\alpha_{hl}(a)$ et $\xi_{hi}(x')$ dépendent en réalité de r paramètres $b_1, \ldots, b_r$, qui peuvent recevoir des valeurs arbitraires. Je montre que $\alpha_{hl}(a, b') = \sum_k d_{hk}\alpha_{kl}(a, b)$, *et* $\xi_{hi}(x', b') = \sum_k d_{hk}\xi_{ki}(x', b)$, *les* d_{hk} *étant des constantes numériques et* $|d_{hk}| \neq 0$.

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) C'est-à-dire qu'il n'existe ni n fonctions $\theta_h(a)$, non toutes nulles, vérifiant $\sum_h \theta_h(a) A_h = 0$, ni r constantes e_h, non toutes nulles, vérifiant $\sum_h e_h X'_h = 0$ [cf. Vessiot, *Sur une Théorie nouvelle des Problèmes généraux d'Intégration* (*B.S.M.*, 52, 1924, p. 344)].

(3) Voir, par exemple, Bianchi, *Lezioni sulla Teoria dei Gruppi continui finiti di Trasformazioni*, Cap. III, § 31, p. 84 ; § 33, p. 87.

(4) Bianchi, Cap. III, § 36, p. 93.

(5) *Ibid.*, Cap. III, § 31, p. 83.

3. Je démontre aisément b et c *en supposant d'abord* $n > r$, *et les* $r X'_h$ *divergentes*. Le système $X'_h z = 0$ a $n - r$ solutions indépendantes $I_\lambda(x')$ $(\lambda = 1, \ldots, n-r)$, et les équations $I_\lambda(x') = \mu_\lambda$ représentent une variété V_μ à r dimensions. Si $x'_i = \varphi_i(a_1, \ldots, a_r)$ est une représentation paramétrique de V_0, par exemple, je montre que l'*on a, en tout point* (x') *de* V_0, rn *relations* $\xi_{hi}(x') = A_h x'_i$, *permettant de déterminer les* $r A_h$, *qui seront divergentes*, puis, pour toute fonction $\xi(x') = \alpha(a)$, les r relations $X'_h \xi = A_h \alpha$ montrant que *ces* A_h *vérifient* (C). *Ces transformations sont les seules, à un changement de variables près.*

Je montre ensuite que *les transformations* S_a, définies par le système (E) ainsi formé, *laissent invariante chacune des variétés* V_μ, et que *cela suffit pour qu'elles forment un groupe, ainsi complètement déterminé, à un changement de paramètres près, par les* X'_h.

4. Revenant au cas général, je considère les $nq\,(> n)$ variables $x'_{j1}, \ldots, x'_{jn}$ $(j = 1, \ldots, q;\ q = r$ si $n > 1$, $q = r + 1$ si $n = 1)$, et les

$$\mathfrak{X}'_h = \sum_j X'_{hj},\quad X'_{hj} = \sum_i \xi^{(j)}_{hi}(x') \frac{\partial}{\partial x'_{ji}}\ [\varphi^{(j)}(x') \text{ désignant toujours } \varphi(x'_{j1}, \ldots, x'_{jn})],$$

qui *sont divergentes* (¹). *Il suffit alors, pour déterminer les* A_h, *de prendre une représentation paramétrique d'une des variétés* $\mathfrak{V}_\mu$, *représentées par* $\mathfrak{I}_s(x'_{11}, \ldots, x'_{1n}, \ldots, x'_{q1}, \ldots, x'_{qn}) = \mu_s$ $(s = 1, \ldots, nq - r)$, *que détermine le système* $\mathfrak{X}'_h \mathbf{z} = 0$ (²).

Je remarque ensuite que, *si* $F_i(x', a)$ *sont les* n *solutions indépendantes, vérifiant* $F_i(x, 0) = x_i$, *du système* $(A_h + X'_h) y = 0$, $F^{(j)}_i(x', a)$ *sont solutions du système* $(A_h + \mathfrak{X}'_h)\mathbf{y} = 0$, *et vérifient* $F^{(j)}_i(x, 0) = x_{ij}$. Les deux systèmes définissent respectivement les transformations $S_a x'_i = f_i(x, a)$ et $\mathfrak{S}_a x'_{ji} = f^{(j)}_i(x', a)$. *Les* $\mathfrak{S}_a$, laissant invariante chacune des $\mathfrak{V}_\mu$, *forment un groupe; donc* évidemment *aussi les* S_a (³).

(¹) Cf. Lie-Engel, *Theorie der Transformationsgruppen*, **1**, Kap. III, § 16, p. 63; Bianchi, Cap. III, § 36, p. 95, dont j'ai légèrement simplifié les raisonnements.

(²) Si l'on prend une des représentations particulières données par l'inversion de $\mathfrak{I}(x') = \mu_s (s = 1, \ldots, nq - r)$, $\theta_k(x') = a_k$ $(k = 1, \ldots, r$; les fonctions θ_k arbitraires), on retrouve précisément le procédé indiqué par Lie (*loc. cit.*).

(³) Les résultats dont je me sers ne sont nullement nouveaux, mais je n'ai pas connaissance qu'ils aient été utilisés pour l'interprétation de b, ni pour la démonstration de c.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une transformation continue et l'existence d'un point invariant.* Note (¹) de MM. **R. Wavre** et **A. Bruttin**, présentée par M. Hadamard.

Dans tout ce qui suit le mot cercle signifiera l'ensemble constitué par une circonférence et son intérieur.

1. *Si une transformation univoque et continue sur un cercle rejette la circonférence sur le cercle, il existe au moins un point invariant sur le cercle.*

Et d'une manière plus générale :

2. *Tout champ vectoriel continu sur un cercle contient un vecteur nul si les vecteurs attachés aux points de la circonférence sont dirigés vers le cercle, leur longueur étant indifférente.*

Nous démontrerons ces deux propositions simultanément; les vecteurs joignent bien entendu un point à son conséquent.

Faisons l'hypothèse qu'il n'y ait pas de point invariant sur le cercle.

Plaçons au centre l'origine d'un système (x, y) d'axes orthogonaux et soit 1 le rayon du cercle.

La transformation augmente l'abscisse du point $(-1, 0)$, diminue celle du point $(+1, 0)$. Tout arc continu L joignant ces deux points contiendra donc un point dont l'abscisse ne varie pas.

Soit E l'ensemble des points d'abscisse invariante, cet ensemble est fermé à cause de la continuité de la transformation. Appelons *points positifs* les points d'abscisse invariante dont l'ordonnée est augmentée par la transformation; *points négatifs*, ceux dont l'ordonnée est diminuée.

Notre hypothèse implique que tout point d'abscisse invariante soit ou bien positif ou bien négatif.

Un point limite de points positifs est positif ne pouvant être négatif à cause de la continuité de la transformation; un point limite de points négatifs est négatif.

L'ensemble $\overset{+}{E}$ *des points positifs serait fermé, l'ensemble* $\overset{-}{E}$ *des points négatifs le serait aussi.*

Il existe un point positif sur la partie inférieure $\overset{-}{C}$ $(y \leqq 0)$ de la circonférence; un point négatif sur la partie supérieure $\overset{+}{C}$ $(y \geqq 0)$. En effet, chacune

---

(¹) Séance du 8 novembre 1926.

est un arc L et un point de E.C ne peut être que négatif, un point de E.C ne peut être que positif.

Soit ρ la borne inférieure des distances d'un point positif et d'un point négatif. Le nombre ρ existe, c'est le minimum absolu des distances en question, effectivement réalisé par un point positif et un point négatif. Le nombre ρ est la distance des deux ensembles $\overset{+}{E}$ et $\bar{E}$.

1° Si $\rho = 0$, il y a un point qui est à la fois positif et négatif, c'est absurde;

2° Si $\rho \neq 0$, il faut poursuivre notre analyse pour faire apparaître une nouvelle absurdité.

L'ensemble $\overset{+}{E}$ n'a pas de point commun avec l'ensemble $\overset{+}{C}$, ni $\bar{E}$ avec $\bar{C}$. Soient $\overset{+}{\sigma}$ la distance de $\overset{+}{E}$ et de $\overset{+}{C}$; $\bar{\sigma}$ la distance de $\bar{E}$ et de $\bar{C}$. Soit σ le plus petit des trois nombres $\frac{\rho}{3}$, $\frac{\overset{+}{\sigma}}{3}$, $\frac{\bar{\sigma}}{3}$, il est positif.

Décrivons des cercles de rayon σ centrés en chaque point positif. Ces cercles recouvrent l'ensemble $\overset{+}{E}$. En vertu du *lemme* de Borel-Lebesgue $\overset{+}{E}$ est recouvert par un nombre fini de ces cercles. Ne considérons plus qu'un nombre fini de tels cercles qui recouvrent tous les points positifs.

Répartissons ces cercles en domaines d'un seul tenant en réunissant en canton positif les cercles qui se recouvrent partiellement ou se touchent simplement. Opérons de la même façon avec les points négatifs.

Il n'y a au total qu'un nombre fini de cantons.

Un canton positif est à une distance d'un canton négatif au moins égale à σ. Un canton positif et $\overset{+}{C}$, un canton négatif et $\bar{C}$ sont à des distances au moins égales à 2σ. Soit, d'autre part, τ le minimum des distances de deux cantons de même nom; c'est un nombre positif puisque nos cantons sont en nombre fini et ne se touchent pas, par définition. Soit enfin δ le plus petit des deux nombres σ et τ.

Les cantons positifs sont à distance δ au moins de $\overset{+}{C}$ et de tout autre canton; les cantons négatifs sont à distance δ au moins de $\bar{C}$ et de tout autre canton. Il existe donc, dans le cercle unité, autour de chaque canton, une marge de largeur δ qui l'isole des autres. Cette marge permet de contourner les cantons Δ que l'axe des x touche ou traverse par en haut ($y > 0$) s'ils sont positifs, par en bas s'ils sont négatifs.

Il serait donc possible de tracer un arc qui relie les points $(-1, 0)$ et $(+1, 0)$, formé d'un nombre fini de segments de l'axe des x qui franchissent

les espaces intercantonaux et d'un nombre fini d'arcs de cercles parallèles aux contours des cantons Δ qu'on évite à une distance $\frac{\delta}{2}$. Cet arc serait rectifiable, sa longueur pourrait servir de paramètre de représentation.

Puisqu'il évite tous les cantons, il ne saurait posséder un point d'abscisse invariante, ces points étant par construction recouverts par les cantons; mais il doit en contenir au moins un comme tout arc L.

Il y a de nouveau contradiction, il faut rejeter l'hypothèse.

La proposition (1) s'étend au cas d'une aire D dont on puisse faire la représentation biunivoque et bicontinue sur le cercle unité, c'est-à-dire à l'image topologique d'un cercle.

Si le contour de D *est rejeté sur* D *il existe un point invariant.*

En effet, soient Ψ la transformation donnée et Φ une fonction de représentation de D sur le cercle. Si le contour de l'aire est rejeté sur l'aire par Ψ, la circonférence unité sera rejetée sur le cercle par la transformée univoque et continue $F = \Phi\Psi\Phi^{-1}$ de Ψ par Φ. Il existera un point invariant de F sur le cercle. Mais la transformation $\Phi^{-1}F\Phi$ de F' par Φ^{-1} qui n'est autre que Ψ admettra le point invariant correspondant.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les rotations dans l'espace fonctionnel.* Note de M. **J. Delsarte**, présentée par M. Goursat.

Ces rotations sont les transformations linéaires fonctionnelles qui généralisent les changements de coordonnées orthogonales de l'espace ordinaire.

Considérant l'ensemble des fonctions intégrables définies dans l'intervalle (ab), la transformée $\psi(x)$ d'une fonction $\varphi(x)$ est

$$\psi(x) = \varphi(x) + \int_a^b K(x, y)\,\varphi(y)\,dy.$$

Le noyau $K(xy)$ étant tel que cette relation entraîne

$$\varphi(x) = \psi(x) + \int_a^b K(y, x)\,\psi(y)\,dy.$$

Cette condition définit complètement les noyaux K que j'appelle *noyaux de rotation.*

Pour qu'un noyau $K(x,y)$ *soit de rotation il faut et il suffit que l'on ait*

$$K(x, y) = \Gamma\left(x, y, \frac{1}{2}\right),$$

$\Gamma(x,y,\lambda)$ *étant le noyau résolvant d'un noyau symétrique gauche* $H(x,y)$.

Le groupe des rotations fonctionnelles admet l'invariant

$$I = \int_a^b \varphi_1(x)\,\varphi_2(x)\,dx,$$

c'est-à-dire que $\psi_1(x)$ et $\psi_2(x)$ étant les transformées de $\varphi_1(x)$ et $\varphi_2(x)$ par une rotation de noyau $K(x,y)$ on a

$$\int_a^b \psi_1(x)\,\psi_2(x)\,dx = \int_a^b \varphi_1(x)\,\varphi_2(x)\,dx.$$

Il résulte de là que les rotations fonctionnelles sont des transformations d'égalité. Dans un autre ordre d'idées, un système orthogonal *complet*

$$\varphi_1(x), \quad \ldots, \quad \varphi_n(x)$$

est transformé par une rotation fonctionnelle en un système orthogonal

$$\psi_1(x), \quad \ldots, \quad \psi_n(x)$$

complet.

Les noyaux de rotation se composent et donnent des noyaux de rotation.

La formule de composition est la suivante :

Désignant symboliquement un noyau de rotation $K_i(x,y)$ par ξ_i et l'intégrale

$$\int_a^b K_i(x,y')\,K_j(y',y)\,dy' \text{ par } \xi_i\,\xi_j$$

pris dans cet ordre, le noyau de rotation $K(xy)$ résultant de la composition des noyaux de rotation

$$K_1(x,y), \quad K_2(x,y), \quad \ldots, \quad K_n(x,y),$$

pris dans cet ordre, est représenté symboliquement par

$$\Xi = (1+\xi_1)(1+\xi_2)\ldots(1+\xi_n) - 1,$$

formule qui montre l'associativité de la composition. Partant de là, il est facile de définir les puissances successives d'un noyau de rotation. Puis en

convenant que le noyau de la rotation identique

$$\varphi(x) = \varphi(x)$$

est nul, on définira les noyaux de rotation d'exposant négatif.

Rotations parties aliquotes de l'unité. — Elles sont telles que leur puissance $m^{\text{ième}}$ (m entier) se réduise à la rotation identique, *l'entier m doit être impair*. Il n'existe pas de rotations parties aliquotes de l'unité d'ordre pair. Le noyau symétrique gauche $H(x, y)$ qui donne naissance à un noyau de rotation partie aliquote de l'unité d'indice $m = 2p + 1$ est de la forme

$$H(x, y) = \sum_{k=1}^{2p} \frac{u_k(x)\, v_k(y) - u_k(y)\, v_k(x)}{\lambda_k}$$

avec

$$\lambda_k = -\frac{i}{2} \operatorname{cotg} \frac{k\pi}{2p+1}$$

et

$$\int_a^b u_k^2(x)\, dx = \int_a^b v_k^2(x)\, dx,$$

$$\int_a^b u_k(x)\, v_k(x)\, dx = 0.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un théorème sur les fonctions entières d'ordre fini.* Note de M. **E.-F. Collingwood**, présentée par M. Émile Borel.

1. $f(z)$ étant une fonction entière d'ordre fini, nous désignons par $n(t, x) \equiv n(t, f - x)$ le nombre des zéros non nuls de $f(z) - x$ dans le cercle $|z| < t$, et nous posons

$$N(r, f - x) = \int_0^r \frac{n(t, x)}{t}\, dt, \qquad m(r, f) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \overset{+}{\log} |f(re^{i\theta})|\, d\theta,$$

$\overset{+}{\log}|f|$ étant égal à $\log|f|$ si $|f| > 1$ et à 0 dans les autres cas. M. Valiron a montré ([1]) que

$$(1) \qquad N(r, f - x) \sim m(r, f)$$

pour toutes les valeurs de x sauf celles appartenant à un ensemble de

([1]) G. Valiron, *Sur la distribution des valeurs des fonctions méromorphes* (*Acta math.*, 47, 1925, p. 117).

mesure linéaire nulle. Ce résultat ne peut être amélioré : M. Valiron a en effet construit des exemples de fonctions $f(z)$ pour lesquelles

$$\lim_{r=\infty} \frac{N(r, f-x)}{m(r, f)} = 0 \tag{2}$$

pour un ensemble de valeurs de x partout dense dans le plan et ayant la puissance du continu. La question se pose dès lors de savoir s'il est possible de trouver une fonction $\varphi(r, f)$ dépendant de $f(z)$ ayant des propriétés analogues à $m(r, f)$, et pour laquelle l'ensemble $E(\varphi)$ des valeurs pour lesquelles

$$\lim_{r=\infty} \frac{N(r, f-x)}{(r, f)} > 1 \tag{3}$$

est plus restreint que l'ensemble exceptionnel du théorème de M. Valiron. Le théorème de M. Valiron permet de répondre affirmativement à cette question. Si $f(z)$ est d'ordre positif ρ inférieur à une certaine constante absolue σ, on peut trouver une fonction $\varphi(r, f)$ pour laquelle l'ensemble $E(\varphi)$ n'existe pas, tandis que, pour $\rho \geqq \sigma$, il existe une autre fonction de même espèce $\varphi(r, f)$ pour laquelle $E(\varphi)$ est dénombrable. D'une façon précise le premier de mes résultats est le suivant :

Théorème I. — *Si $f(z)$ est d'ordre positif $\rho < \sigma$, σ étant une constante absolue, on a*

$$\lim_{r=\infty} \frac{\mu N(r, f-x)}{m(r^{\mu}, f)} \geqq 1 \tag{4}$$

pour toutes les valeurs de x et pour tout nombre $\mu < 1 - \frac{f}{\sigma}$.

Cette proposition est une conséquence assez simple de ce théorème dû à M. Valiron et à moi-même [1] : s'il existe une suite $r_1, \ldots, r_\lambda$, de valeurs de r tendant vers l'infini telles que chaque couronne $(r_\lambda^\gamma, r_\lambda)$, $\gamma < 1$, soit traversée par un chemin continu sur lequel $|f(z)|$ est inférieur à une constante K, et si $\rho < \sigma$, on a

$$\gamma \geqq 1 - \frac{f}{\sigma}. \tag{5}$$

Soient en effet x_1 et x_2 deux nombres distincts tels que $|x_1 - x_2| < 1$. Tout zéro de $f(z) - x_1$ ou de $f(z) - x_2$ appartient à l'un des domaines connexes $\Delta_1(x_1), \ldots, \Delta_\nu(x_1)$, dans lesquels $|f(z) - x_1| < 1$. D'après

[1] E.-F. Collingwood and G. Valiron, *Theorems concerning an analytic function bounded on a simple curve*. Ce Mémoire doit paraître dans un autre Recueil.

l'inégalité (5) chacun de ces domaines est borné et contient par suite le même nombre de zéros de $f(z)-x_1$ et $f(z)-x_2$. En outre, dès que r est assez grand, aucune région $\Delta_\nu(x_1)$ ne traverse la couronne (r^μ, r). Par suite, à partir d'une valeur de r,

$$n(r, f-x_1) \geqq n'(r, f-x_1) = n'(r, f-x_2) \geqq n(r^\mu, f-x_2), \tag{6}$$

$n'(r, f-x)$ désignant le nombre des zéros de $f-x$ de module inférieur à r et intérieurs à ceux des domaines $\Delta_\nu(x_1)$ qui ont au moins un point dans le cercle $|z|<r^\mu$. Il résulte de (6) que

$$\varlimsup_{r=\infty} \frac{\mu\,\mathrm{N}(r, f-x_1)}{\mathrm{N}(r^\mu, f-x_2)} \geqq 1.$$

Mais, d'après le théorème de M. Valiron, on peut choisir x_2 pour que

$$\mathrm{N}(r, f-x_2) \sim m(r, f),$$

ce qui démontre le théorème.

En appliquant une méthode de M. Carleman, j'ai pu remplacer la constante σ du théorème I par $\frac{1}{\pi^2}$.

2. Mon second théorème est le suivant :

Théorème II. — *Si $f(z)$ est d'ordre fini $\rho \geqq \sigma$, on a, pour toutes les valeurs x, sauf au plus pour celles d'un ensemble dénombrable,*

$$\varlimsup_{r=\infty} \frac{\mathrm{H}(\rho)\,\mathrm{N}(r, f, x)}{m\left(r^{\frac{1}{\mathrm{H}}}[\rho], f\right)} \geqq 1,$$

$\mathrm{H}(\rho)$ *étant supérieur à* $2+2\sigma\rho$.

Pour l'établir j'applique la méthode de M. Carleman aux valeurs partiellement asymptotiques que j'ai introduites dans une Note précédente [1].

Ces résultats peuvent être considérés comme généralisant un théorème de M. Valiron d'après lequel, *si $f(z)$ est d'ordre nul telle que* $\log \mathrm{M}(r) = o(\log r)^2$, $\mathrm{N}(r, f-x)$ *est asymptotiquement égal à* $m(r, f)$ *et à* $\log \mathrm{M}(r)$ *pour tous les* x. La présente méthode, appliquée aux fonctions d'ordre nul, ne conduit pas à ce résultat précis, mais donne cependant une inégalité analogue à (4).

---

[1] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 40.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la différentiation de l'aire des surfaces.* Note de M. S. SAKS, présentée par M. Émile Borel.

1. Les énoncés sur les fonctions d'intervalle linéaire que j'ai publiés dans une Note antérieure ([1]), s'étendent aisément aux intervalles dans un espace à un nombre quelconque de dimensions. En considérant, pour fixer les idées, le cas du plan, j'en tire la proposition suivante : $f(\mathrm{R})$ *étant une fonction de rectangle intégrable au sens de M. Burkill dans un rectangle* R_0, *on a en presque tout point* $p \leqq \mathrm{R}_0$

$$\overline{f}(p) = \overline{\Phi}(p), \qquad \underline{f}(p) = \underline{\Phi}(p),$$

$\Phi(\mathrm{R})$ *désignant l'intégrale de* $f(\mathrm{R})$ *dans un rectangle* R.

Je rappelle brièvement les définitions. $f(\mathrm{R})$ étant une fonction de rectangle ([2]), j'entends par $\overline{f}(p)$, $\underline{f}(p)$ respectivement les limites supérieure et inférieure d'indétermination du quotient $f(\mathrm{K}):m(\mathrm{K})$, K étant un carré quelconque contenant le point p et tendant vers zéro. Lorsque $\overline{f}(p)$ et $\underline{f}(p)$ sont égaux, leur valeur commune est désignée par $f'(p)$ et appelée la dérivée de $f(\mathrm{R})$.

La fonction $f(\mathrm{R})$ est *intégrable* au sens de M. Burkill dans un rectangle R^0, lorsque $(\mathrm{R}_1, \mathrm{R}_2, \ldots, \mathrm{R}_n)$ étant une subdivision quelconque de R^0 en un nombre fini de rectangles n'empiétant pas, la somme $\sum_{k=1}^{n} f(\mathrm{R}_k)$ tend vers une limite finie si les diamètres des R_k tendent *uniformément* vers zéro. Cette limite est appelée l'intégrale de $f(\mathrm{R})$ dans R^0 et désignée par $\int_{\mathrm{R}^0} f(\mathrm{R})$.

2. Soit $z = f(x, y)$ une fonction continue et à variation bornée [au sens de M. Tonelli ([3])] dans le carré (o, o ; 1, 1). En suivant les notations de M. Tonelli, désignons par $\mathrm{V}_{(y)}(x, y)$ la variation totale de $z = f(x, y)$ (envisagée comme une fonction d'une seule variable y) dans l'intervalle (o, y). Un sens analogue est attribué au symbole $\mathrm{V}_{(x)}(x, y)$.

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 38.

([2]) Je ne considère ici que des rectangles aux côtés parallèles aux axes des coordonnées.

([3]) TONELLI, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1198.

R étant un rectangle $(x_1, y_1 ; x_2, y_2)$, posons encore

$$\alpha(R) = \int_{x_1}^{x_2} | V_{(y)}(x, y_2) - V_{(y)}(x, y_1) | \, dx,$$

$$\beta(R) = \int_{y_1}^{y_2} | V_{(x)}(x_2, y) - V_{(x)}(x_1, y) | \, dy.$$

3. Les $\alpha(R)$ et $\beta(R)$ sont des fonctions de rectangle. On démontre aisément qu'elles sont dérivables presque partout dans $(0, 0 ; 1, 1)$ et qu'on a presque partout

(1) $$\alpha'(x, y) = \frac{\partial f}{\partial y}, \qquad \beta'(x, y) = \frac{\partial f}{\partial x}$$

4. Posons

$$F(R) = \sqrt{\alpha^2(R) + \beta^2(R) + m^2 R}.$$

Le résultat récent de M. Radó [1] peut être énoncé, à l'aide des notions du paragraphe 1, de la manière suivante : F(R) est une fonction de rectangle intégrable et l'on a pour tout rectangle R^0 contenu dans $(0, 0 ; 1, 1)$

$$\int_{R^0} F(R) = S(R^0) \quad [2],$$

$S(R^0)$ désignant l'aire de la partie de la surface $z = f(x, y)$ correspondant au rectangle R^0 du plan xy.

En tenant compte du théorème général du paragraphe 1 et des relations (1) (§ 3), on obtient l'énoncé suivant : $z = f(x, y)$ *étant une surface continue admettant l'aire finie dans le carré* $(0, 0 ; 1, 1)$, *on a en presque tout point* (x, y) *de ce carré*

$$\lim \left[\frac{S(K)}{m(K)} \right]^2 = 1 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2,$$

K *désignant un carré quelconque contenant le point* (x, y) *et tendant vers zéro.*

---

(1) Radó, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 588.

(2) C'est encore M. Tonelli qui a introduit l'expression F(R) et prouvé la relation $\int_{R_0} F(R) \leqq S(R^0)$. M. Radó a précisé ce résultat en remplaçant la relation précédente par l'égalité simple.

Dans le cas où $z=f(x, y)$ est une fonction absolument continue au sens de M. Tonelli, cette proposition est une conséquence immédiate du théorème de cet auteur sur l'expression de l'aire de la surface à l'aide de l'intégrale bien connue. Dans le cas plus général, où $f(x, y)$ est seulement à variation bornée, elle semble être nouvelle.

MÉCANIQUE ET GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les espaces non holonomes.* Note (1) de M. G. **Vranceanu**, présentée par M. Hadamard.

On sait que dans l'étude des systèmes holonomes de la Mécanique se peut faire l'interprétation géométrique en relation avec les variétés riemanniennes, ce qui donne à certains résultats des formes particulièrement simples (2).

On peut faire une interprétation géométrique analogue pour les systèmes non holonomes de la Mécanique, en introduisant la notion de variété non holonome que voici :

Soit une variété riemannienne V_n avec

$$ds^2=\sum_{ij}^{n} a_{ij}\, dx_i\, dx_j, \tag{1}$$

dans laquelle nous avons encore $n-m$ $(m>1)$, formes de Pfaff nulles

$$\sum_{i}^{n} \varphi_{ij}\, dx_i = 0 \qquad (\gamma=1, 2, \ldots, n-m). \tag{2}$$

On peut supposer que les équations (2) ne forment pas un système aux différentielles totales complètement intégrable (cas qui corresponde aux systèmes holonomes), et l'on ne connaît aucune combinaison intégrable, autrement on pourrait réduire les nombres des variables x à un nombre plus petit.

1. Des équations (2) on peut tirer $n-m$ des dx_i en fonctions des autres et plus généralement

$$dx_i=\sum_{h}^{m} l_h^i\, d\sigma_h, \tag{3}$$

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) V. Ricci et Levi-Cività, *Méthodes de Calcul différentiel absolu* (*Math. Ann.*, 54, 1900, p. 178-186).

en indiquant avec $d\sigma_h$ m combinaisons linéaires indépendantes des dx_i. Les formules (3) expriment que les déplacements réels de notre espace sont en chaque point les déplacements d'une variété linéaire à m dimensions. Cette variété peut être définie par m de ses distances orthogonales. En introduisant les paramètres de ces directions en relation avec la forme fondamentale (1), on peut écrire les (3) sous la forme [1]

$$(4) \qquad dx_i = \sum_h^{1\ldots m} \lambda_h^i ds_h, \qquad \left[\sum_{i\gamma}^{1\ldots n} a_{i\gamma} \lambda_h^i \lambda_k^j = \delta_h^k \begin{cases} = 1, & h = k \\ = 0, & h \pm k \end{cases} \right].$$

Les directions λ_h^i forment dans v_n m congruences que nous dirons fondamentales. Les arcs sur ces congruences sont proprement les s_h. Les équations (4), divisées par ds, nous donnent

$$(5) \qquad \frac{dx_i}{ds} = \sum_h^{1\ldots m} \lambda_h^i u_h, \qquad \left(u_h = \frac{ds_h}{ds} \right),$$

où les u_h sont les cosinus que la direction du déplacement forme avec les congruences fondamentales. On voit par conséquent qu'une variété non holonome v_n^m est complètement définie par la forme quadratique (1) et les formules (4) ou (5).

2. Un vecteur quelconque R situé en v_n^m est caractérisé par ses projections sur les congruences fondamentales

$$(6) \qquad e_h = \mathrm{R} v_h,$$

où v_h sont les cosinus que le vecteur forme avec les λ. On peut introduire dans les v_n^m la notion du parallélisme de Levi-Cività et l'on parvient aux formules

$$(7) \qquad \frac{dv_h}{ds} = \sum_{kl}^{1\ldots m} j_{hkl} v_k u_l,$$

où les j_{hkl} sont les coefficients de rotation de Ricci et les u_k sont les cosinus de la courbe du transport.

Ce parallélisme est différent du parallélisme dans v_n par l'effet des liaisons (5). On peut l'appeler *parallélisme à liaison*. En faisant dans les for-

(1) Voir ma Note *Sopra una classe di sistemi anolonomi* (*Rendiconti dell'Accademia dei Lincei*, 6e série, 3, 1er semestre 1926, p. 549).

mules (7) $v = u$, on trouve les équations

$$\frac{du_h}{ds} = \sum_{1}^{m}{}_{kl}\, j_{hkl} u_k u_l, \tag{8}$$

lesquelles forment avec les équations (6) un système de $m+n$ équations du premier ordre sous forme normale, pour définir les u et les x en fonctions du s.

Les courbes ainsi définies sont les géodésiques de la variété v_n^m [1]. Je reviendrai dans une seconde Note sur des autres propriétés de v_n^m.

MÉCANIQUE. — *Sur le champ de gravitation à l'intérieur d'une sphère creuse en rotation dans la théorie de la Relativité.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Émile Borel.

On sait que l'attraction newtonienne d'une sphère creuse homogène, immobile ou en rotation, sur un point intérieur est nulle. Thirring a montré [2] qu'au contraire dans la théorie de la Relativité, si une sphère creuse homogène tourne autour d'un axe fixe avec une vitesse constante, une masse infiniment petite placée au voisinage du centre se trouve soumise à trois effets d'inertie : 1° une force de Coriolis, correspondant dans la théorie newtonienne à une rotation de vitesse constante autour du même axe; 2° une force centrifuge radiale; 3° une force parallèle à l'axe de rotation, qui tend à amener la masse infiniment petite dans le plan d'équateur. Ce résultat est connu, du moins quant au sens, car il constitue une confirmation du *principe de Mach*, selon lequel, comme la gravitation, l'inertie est déterminée par la matière.

Soient m, R, ω et f la masse, le rayon, la vitesse angulaire de la sphère, et la constante de l'attraction universelle; prenons des unités telles que la vitesse de la lumière soit égale à 1, et désignons par t, x, y, z le temps et les coordonnées cartésiennes rectangulaires de la masse infiniment petite par rapport à trois axes fixes passant au centre O de la sphère, dont l'axe Oz est l'axe de rotation. La force de Coriolis a pour composantes

$$-\frac{8fm\omega}{3\mathrm{R}}\frac{dy}{dt}, \quad \frac{8fm\omega}{3\mathrm{R}}\frac{dx}{dt}, \quad 0;$$

(1) On trouvera les démonstrations dans un Mémoire qui va paraître.

(2) *Physikalische Zeitschrift*, 19, 1918, p. 33, et 22, 1921, p. 29.

mais les expressions données par Thirring de la force centrifuge radiale, $\frac{4fm\omega^2}{15R}\sqrt{x^2+y^2}$, et de la force parallèle à l'axe, $\frac{-8fm\omega^2 z}{15R}$, me paraissent incomplètes à l'approximation considérée ; la formule de la théorie du potentiel newtonien employée par Thirring pour exprimer le coefficient g_{44} équivaut à une équation de la forme de Poisson où certains termes en f^2 et $f\omega^2$ ont été négligés.

Les trois forces considérées peuvent être obtenues à partir du ds^2 du champ de gravitation de masses en mouvement donné, qui a été formé (¹) par Droste, soit

$$\begin{aligned} ds^2 = &-\left(1+2\sum\frac{\mu_i}{r_i}\right)(dx^2+dy^2+dz^2)+8\sum\frac{\mu_i}{r_i}\left(\frac{dx_i}{dt}dx+\frac{dy_i}{dt}dy+\frac{dz_i}{dt}dz\right)dt \\ &+\Bigg[1-2\sum\frac{\mu_i}{r_i}+2\left(\sum\frac{\mu_i}{r_i}\right)^2 \\ &\qquad -4\sum\frac{\mu_i}{r_i}\sum_{k\neq i}\frac{\mu_k}{r_{ik}}-\sum\mu_i\frac{d^2r_i}{dt^2}-3\sum\frac{\mu_i S\left(\frac{dx_i}{dt}\right)^2}{r_i}\Bigg]dt^2, \end{aligned}$$

où l'on a

$$r_i=\sqrt{S(x-x_i)^2}, \qquad r_{ik}=\sqrt{S(x_i-x_k)^2},$$

où dans tous les Σ sauf un l'indice i doit prendre les valeurs correspondant à toutes les masses de coefficients attractifs μ_i considérées, et où enfin l'on doit calculer les dérivées $\frac{dx_i}{dt}$, $\frac{dy_i}{dt}$, $\frac{dz_i}{dt}$, $\frac{d^2r_i}{dt^2}$ en faisant varier t et les fonctions données x_i, y_i, z_i de la variable t, mais non les coordonnées x, y, z. Si l'on exprime ces quatre dérivées par les formules du mouvement de rotation, le coefficient de dt dans le ds^2 qui précède et les deux derniers termes du coefficient de dt^2 deviennent respectivement

$$8\omega\sum\frac{\mu_i(x_i dy-y_i dx)}{r_i},$$

$$-\omega^2\sum\frac{\mu_i(xx_i+yy_i)}{r_i}+\omega^2\sum\frac{\mu_i(xy_i-yx_i)^2}{r_i^3}-3\omega^2\sum\frac{\mu_i(x_i^2+y_i^2)}{r_i}.$$

En calculant les différentes intégrales sur la surface de la sphère, et se

---

(¹) *K. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, Proceedings*, **19**, 1916, p. 455.

bornant aux termes de degré 2 en x, y, z, on obtient le ds^2 :

$$ds^2 = -\left(1 + \frac{2fm}{R}\right)(dx^2 + dy^2 + dz^2) + \frac{8fm\omega}{3R}(x\,dy - y\,dx)\,dt$$
$$+\left[1 - \frac{2fm}{R} - \frac{2f^2m^2}{R^2} - 2fm\omega^2 R + \frac{fm\omega^2}{5R}(-x^2 - y^2 + 2z^2)\right]dt^2.$$

La force centrifuge radiale et la force parallèle à l'axe ont par conséquent pour composantes

$$-\frac{1}{2}\frac{\partial g_{44}}{\partial x} = \frac{fm\omega^2 x}{5R}, \qquad -\frac{1}{2}\frac{\partial g_{44}}{\partial y} = \frac{fm\omega^2 y}{5R}, \qquad -\frac{1}{2}\frac{\partial g_{44}}{\partial z} = \frac{-2fm\omega^2 z}{5R},$$

c'est-à-dire *les trois quarts des composantes données par Thirring, mais le sens des deux forces n'est pas changé.*

Il est à remarquer que les coordonnées figurant dans le ds^2 de Droste sont des coordonnées normales ([1]), ou isothermes, à l'approximation considérée. En outre, dans le problème actuel, les coefficients de ce ds^2 satisfont aux conditions aux limites suivantes : les coefficients du ds^2 à l'extérieur de la sphère ont à l'infini les valeurs galiléennes, et les coefficients du ds^2 à l'intérieur de la sphère forment avec les premiers des fonctions continues à travers la sphère.

MÉCANIQUE. — *Réalisation d'un compas gyrostatique zénithal amorti.* Note de MM. **H. Beghin** et **P. Monfraix**, présentée par M. E. Fichot.

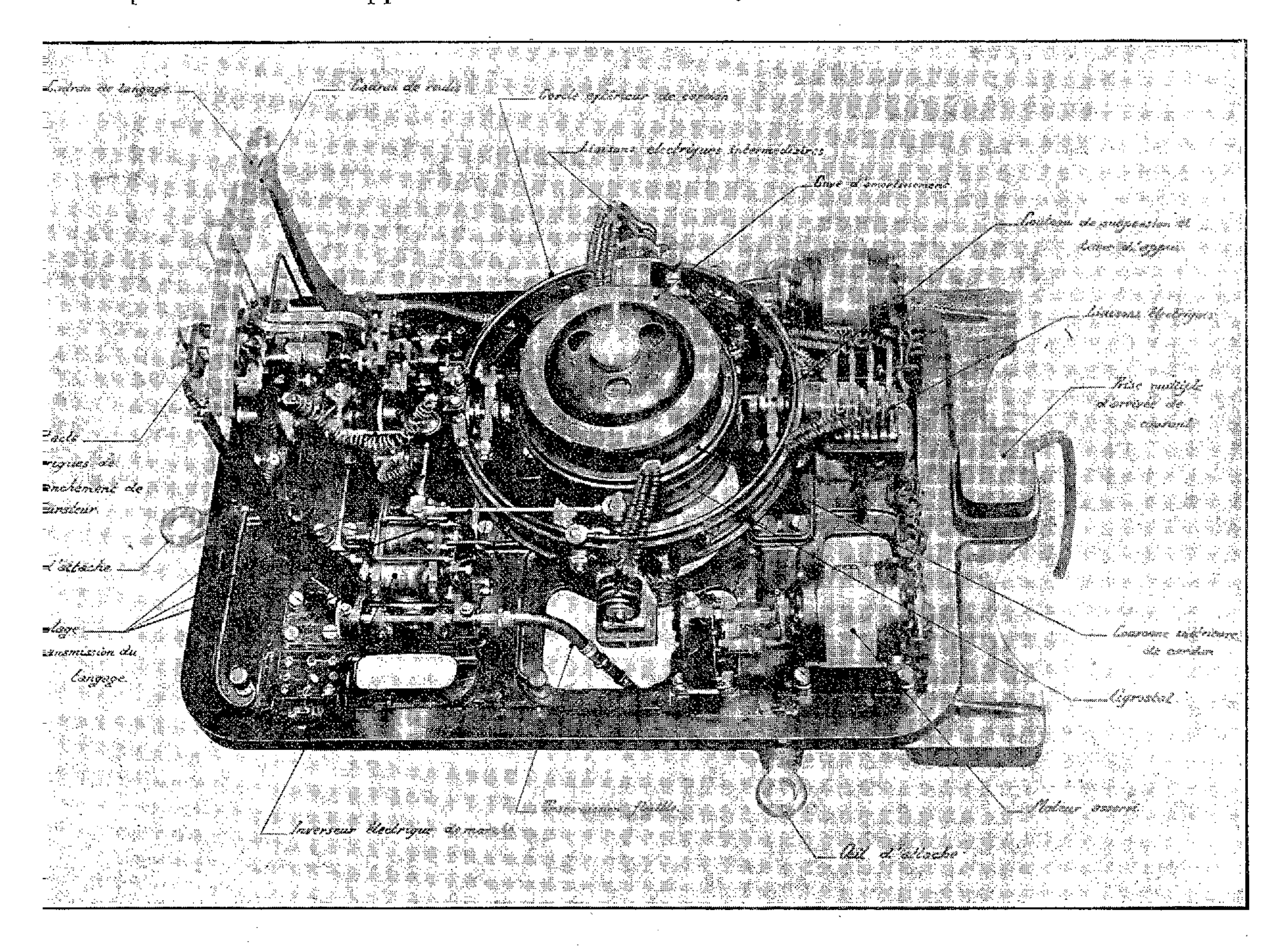
Le compas zénithal amorti, réalisé d'après nos conceptions, est destiné à conserver la verticale à bord d'un navire ou d'un aéronef en mouvement : il permet, par conséquent, de résoudre tous les problèmes dans lesquels il est nécessaire de connaître cette direction.

L'appareil se compose, en principe, d'un gyropendule, c'est-à-dire d'un gyrostat suspendu en un point de son axe de figure; cet axe est vertical dans la position d'équilibre apparent. Pour être pratiquement insensible au roulis et au tangage, ce gyropendule doit être à longue période : nous avons choisi une période voisine de dix minutes; une période trop longue réduirait la précision de la position d'équilibre et augmenterait, en outre, la correction due à la rotation terrestre et à la vitesse du bâtiment.

([1]) De Donder, *La Gravifique einsteinienne*, Paris, 1921, p. 40. — Lanczos, *Physikalische Zeitschrift*, 23, 1922, p. 537.

Le gyrostat est entretenu électriquement ; c'est le rotor d'un moteur asynchrone tournant à la vitesse de 20000 tours par minute.

La mobilité de la suspension de cardan est assurée, pour chacun des deux axes, par une combinaison de couteaux et de paliers à billes. Statiquement, cette mobilité serait insuffisante, mais les vibrations, à peine sensibles, qui prennent naissance quand l'appareil est en marche, suffisent pour donner une approximation de une à deux minutes.



Les frottements inévitables le long des deux axes de la cardan amortissent quelque peu l'oscillation du compas, mais un amortissement plus énergique est indispensable. A cet effet le carter du gyrostat porte une cuve annulaire, remplie d'un mélange de glycérine et d'eau. Elle forme le rotor d'un moteur synchrone, et tourne à la vitesse de 1 tour par seconde,

autour de l'axe vertical de l'appareil. L'amortissement s'explique alors ainsi : l'axe de l'appareil étant incliné, le liquide tend à se porter vers le point le plus bas; mais il est entraîné, par viscosité, dans le sens de la rotation de la cuve, et produit par son poids le couple amortisseur. L'intumescence qui prend ainsi naissance dans le liquide passe par un maximum lorsque la vitesse linéaire de la cuve est convenablement adaptée à la vitesse de propagation d'une onde dans la cuve annulaire. Nous avons été conduits à adopter la vitesse de un tour par seconde, pour une profondeur de $2^{cm},5$.

L'efficacité de ce dispositif augmente rapidement avec l'inclinaison du compas; pratiquement, on peut compter sur les indications du compas 2,5 à 3 minutes après toute perturbation.

Nous avons utilisé ce gyropendule pour stabiliser un appareil de photographie aérienne. Cet appareil étant assez lourd, on ne pouvait songer à l'asservir aux indications du gyropendule sans imposer une surcharge importante à l'avion. Deux aiguilles sont commandées directement, l'une par le cercle de cardan, l'autre par le carter du gyrostat; deux aiguilles sont commandées de même par l'appareil photographique. L'obturateur se déclenche automatiquement lorsque la coïncidence des aiguilles est réalisée à la main par l'opérateur.

Pour obtenir la stabilité d'appareils plus légers, on utilise la puissance fournie par les moteurs d'asservissement qui reproduisent les déformations de la cardan.

Les expériences que nous avons faites à bord d'un bâtiment, par très mauvais temps, nous ont montré que le roulis et le tangage sont, en effet, sans influence sensible; les évolutions donnent les déviations prévues par la théorie. [*Étude théorique d'un compas gyroscopique zénithal* (*Ann. Hydrogr.*, 3ᵉ série, 1923-1924, p. 91-110)]. Ces déviations sont de faible amplitude; seule, par un effet desynchronisme, celle qui résulte d'une giration du bâtiment, dans le même sens et avec la même vitesse angulaire que la précession propre du gyropendule, prend des valeurs importantes; elle a atteint 3°, au cours des essais.

Dans tous les cas, et contrairement à ce qui se passe pour les compas méridiens, le compas se retrouve toujours dans sa position d'équilibre trois minutes au maximum après la fin de l'évolution.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le glissement des courroies.* Note [1] de M. R. SWYNGEDAUW, présentée par M. G. Kœnigs.

Parmi les positions successives que prend un élément de courroie sur une poulie, il y en a une P qui jouit de propriétés caractéristiques; c'est celle où la vitesse de la courroie passe *par un maximum quand la poulie est motrice.*

Elle est située du côté où la courroie s'engage sur la poulie et se réduit pratiquement à une région très étroite assimilable à un trait pratiqué sur l'arc déjà engagé sur la poulie, suivant un plan passant par l'axe de cette dernière et déterminant avec la ligne de premier contact de la courroie sur la poulie un angle dièdre assez aigu (15° environ pour la poulie de 200^{mm} de diamètre) dont l'arête est l'axe de la poulie.

Cette position P est nettement déterminée dans l'espace pour un sens de rotation donné. Pour la poulie menée aussi bien que pour la poulie menante, elle jouit de propriétés caractéristiques que la méthode stroboscopique des deux chariots parallèles et indépendants décrits dans une Note précédente met en évidence [2].

Si l'on fait varier progressivement la charge de la poulie tout en maintenant constante sa vitesse angulaire et la tension de pose de la courroie, la vitesse de celle-ci à son passage au point P *reste invariable et la même qu'à vide pour toutes les charges inférieures à une certaine charge critique, comme si la courroie était adhérente à la poulie en ce point.*

Si la charge de la poulie devient supérieure à la charge critique, la vitesse de la courroie en P *est supérieure ou inférieure à la vitesse à vide suivant que la poulie est menée ou menante, la courroie n'adhère plus à la poulie en aucun point; elle glisse au point* P *comme en tous les autres.* Au glissement fonctionnel, se superpose un *glissement d'ensemble.*

La charge critique varie avec la tension de pose et la nature de la courroie, avec la nature, le diamètre et la fonction de la poulie; elle est plus grande pour la poulie menée que pour la poulie menante. Ces propositions sont mises en partie en évidence dans les expériences suivantes :

Une courroie de cuir $4 \times 80^{mm^2}$ relie les poulies en fonte, menante et menée de même diamètre, 20^{cm}, de deux dynamos frein sensiblement iden-

---

(1) Séance du 26 octobre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 441.

tiques et distantes de 3^m d'axe à axe. La tension totale des deux brins est 90^{kg}.

La vitesse angulaire est sensiblement constante et voisine de 1100 tours; *chaque dynamo est tour à tour motrice ou génératrice*. On relève pour diverses charges de la génératrice et pour la poulie *sur laquelle la courroie s'engage* la vitesse de celle-ci au point P situé sur l'azimut 15° de la verticale dirigée vers le haut.

Le glissement est relevé par le procédé électrique suivant :

Sur chacun des collecteurs, une des lames porte une petite vis d'axe parallèle à celui de l'induit et autour duquel une petite houpette de fils souples en cuivre peut tourner librement dans le plan d'une bague métallique isolée de même axe que l'induit. Sous l'action de la force centrifuge, cette petite houpette vient toucher la bague et la met ainsi à chaque instant au potentiel de la lame du collecteur qui porte la vis.

Les balais de même polarité électrique des deux dynamos sont reliés directement entre eux, et les deux bagues B_1 et B_2 sont reliées métalliquement aux bornes d'un voltmètre pour courant alternatif.

Lorsque les deux dynamos tournent identiquement à la même vitesse, la différence de potentiel efficace entre les deux bagues reste constante; le voltmètre indique constamment la même tension, mais si leurs vitesses diffèrent, la tension efficace varie périodiquement entre un maximum et un minimum. Le glissement des dynamos se déduit aisément du nombre de périodes par minute.

Le glissement de la courroie sur la poulie, au point critique d'adhérence P, est égal au quotient $\frac{V - V_0}{V_0}$ de la différence $V - V_0$ des vitesses de courroie au point P quand on passe de la marche à vide à la marche en charge, par la vitesse à vide V_0. Si N' désigne le nombre de tours par minute de la roue C roulant sur la courroie au point P dans la marche à vide et n' le nombre de tours dont N' augmente dans la marche en charge (mesuré par la différence du nombre d'éclipses par minute dans les expériences stroboscopiques) $\frac{n'}{N'} 10^4$ représente le glissement de la courroie au point P exprimé en dix-millièmes; il est positif ou négatif suivant que le nombre de tours en charge est supérieur ou inférieur à ce nombre.

Dans le tableau suivant la première ligne donne le glissement angulaire des dynamos en millièmes, la seconde le couple en kilogrammètres transmis à la poulie si la dynamo est génératrice; la troisième le glissement de la cour-

roie au point P en dix-millièmes; la quatrième et la cinquième ligne, le couple et le glissement au point P si la dynamo est motrice.

Glissement angulaire.........	0,42	3,2	5,8	7,4	11	25
Couple à la poulie menée en kgm.	0,270	2,7	3,62	4,45	5,12	6,4
Glissement en P............	0	3	0	0	+14	+67
Couple à la même poulie menante....................	0,32	2,75	3,87	4,55	5,35	6,45
Glissement en P............	0	6	—6	—16	—30	—80

Ces expériences démontrent nettement les propositions caractéristiques énoncées plus haut.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Influence d'un séjour prolongé au rouge sur la résilience de quelques métaux pour soupapes d'échappement.* Note [1] de M. J.-F. SAFFY, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les qualités des métaux pour soupapes d'échappement, dans les conditions d'emploi les plus sévères (moteurs d'automobiles de course ou d'aéroplanes), semblent être essentiellement : la *ténacité* aux températures 600° à 800° environ, en tenant compte des phénomènes de *viscosité* [2] (les chocs répétés reçus par le champignon produisant un effet analogue à celui de l'application continue d'un effort notable); l'*inoxydabilité* dans les gaz d'échappement chauds; la *stabilité* des caractéristiques mécaniques, notamment de la *résilience*, après un séjour prolongé au rouge moyen.

Il a été signalé avec raison [3] qu'un métal pour soupapes ne devait pas présenter de point de transformation entre la température maximum en service et la température ambiante; mais, en outre, la résilience des aciers ordinaires longuement chauffés au-dessous de A_c diminue par simple grossissement du grain. Il m'a semblé intéressant d'étudier ce phénomène sur quelques aciers à soupapes.

Les métaux mis en essais avaient les compositions suivantes :

N°.	C.	Si.	Mn.	Ni.	Cr.
1..........	0,35	0,14	0,20		13,85
2..........	0,33	3,22	0,44		7,64
3..........	0,37	2,17	0,44		12,32
4..........	0,24	0,09	1,12	35,84	11,02

(1) Séance du 8 novembre 1926.
(2) P. CHEVENARD, *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 712; **175**, 1922, p. 486.
(3) C. GRARD, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1143.

L'acier 3 a été récemment étudié [1]; son point de transformation A_c est relevé, par rapport à l'acier 1, par une addition de silicium. L'acier 4 est un ferronickel chromé austénitique, c'est-à-dire, à l'encontre des précédents, inapte au durcissement par trempe.

Les éprouvettes, du type Mesnager (section de rupture $8^{mm} \times 10^{mm}$), usinées dans du rond de 16^{mm} laminé, ont été placées pendant 12 semaines dans un four maintenu au voisinage de 600°; pour les meilleurs (1) et surtout (4), l'essai a été prolongé dans un four maintenu à 850°, température qu'on peut considérer comme le maximum atteint par le champignon des soupapes d'échappement dans les moteurs les plus poussés. Pour éviter l'oxydation, les éprouvettes étaient noyées dans de la chaux pulvérulente; celles retirées successivement étaient mises à refroidir dans les cendres.

On a obtenu les résultats suivants :

Résilience en kgm/cm² (*mouton Charpy de* 30 kgm) *après n semaines, n* =.

Nos.	Initiale.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	12.
1.	8,5	10,6	11	11,3	11,5	10,6	12,5	11,3	12,5	11,3	»	10,3
2.	6,5	10	1,5	3,2	7,3	3,2	5,4	5,6	3,9	1,2	1 (c)	(a)
3.	5,1	4	4,1	»	3,4	»	3	»	1,9	»	0,6 (c)	(a)
4.	7,3	16,2 (b)	13,5	20,3 (b)	20,3 (b)	11,9	14,2	12,9	17,6 (b)	12,9	»	11,6

$\Theta = 600°$.

Nos.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
1	8,8	6,2	2,3	2,5	1	1,5 (c)
2						
3						
4	14,9	14,2	15,2	14,2	15,6	15,2

Θ T = 850°.

(a) essais arrêtés; (b) éprouvette non rompue; (c) les dernières éprouvettes (1), (2) et (3) sont, malgré les précautions prises, assez oxydées; il a été tenu compte, dans le calcul de la résilience, de la section réelle de rupture.

N. B. — État initial : (1) adouci par « revenu maximum », R 75 kg/mm²; (2) et (3) trempés huile à 975°, et revenus à 650°, R 90 et 100 kg/mm²; (4) naturel de laminage, R 75 kg/mm².

Les conclusions à tirer des présents essais sont nettes :

a. L'acier 1 conserve sa résilience initiale après un chauffage prolongé à 600°;

---

[1] *Loc. cit.*

par contre, le chauffage à 850° (température voisine du début de sa transformation à l'échauffement) affaiblit rapidement cette caractéristique à un taux dangereusement bas.

b. Les aciers au chrome-silicium **2** et **3** voient, dès que la température de chauffage prolongé atteint 600° et en dépit de quelques irrégularités d'allure pour le métal **2**, leur résilience diminuer d'une façon considérable; ils sont, à ce point de vue, nettement inférieurs à l'acier **1**.

Tel est le point essentiel mis en lumière par les présents essais.

c. L'alliage austénitique **4** conserve, quelle que soit la durée des essais, et notamment dans les conditions de température les plus sévères, une résilience remarquable et pratiquement constante.

Par ailleurs, les propriétés d'inoxydabilité et de haute ténacité à chaud des austénites au nickel-chrome du type **4** sont bien connues; ces métaux sont, à ce point de vue, hors de comparaison avec les aciers martensitiques à haute teneur en chrome avec ou sans addition de silicium (aciers **1**, **2** et **3**).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la naissance des jets liquides.* Note [1] de M. **R. Mazet**, présentée par M. G. Kœnigs.

Employant les mêmes notations que dans une précédente Note [2], nous nous proposons d'étudier l'écoulement d'un liquide, à partir du repos, à travers un orifice situé au fond d'un vase et s'ouvrant progressivement, *en un temps très court*, jusqu'à sa largeur finale $2c$. D'une façon plus précise, nous supposerons que l'on démasque l'orifice symétriquement par rapport à Oy, en un temps τ suffisamment petit pour que $g\tau^2$ *puisse être regardé comme très petit vis-à-vis de* $\frac{c^2}{h}\log\frac{h}{c}$. Désignons par 2γ sa largeur à l'instant intermédiaire t : γ est une fonction donnée de t, qui croît de o à c lorsque t croît de o à τ. Pendant cet intervalle, la pression en un point du segment P_1P_2 tombe brusquement d'une valeur très grande (égale à la pression hydrostatique) à la valeur zéro (pression extérieure nulle). Il y a donc *percussion de pression à l'orifice*. On peut évaluer cette percussion

$$\int_0^t p(x, o, t')\,dt' \qquad (\text{pour } -\gamma \leqq x \leqq +\gamma)$$

en écrivant qu'à chaque instant t' la pression en un point du liquide est la même que si un orifice de largeur 2γ venait d'être subitement démasqué.

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) *Sur l'écoulement par jet* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 735).

On trouve ainsi

$$(1)\qquad \int_0^t p(x,\,o,\,t')\,dt' = \rho g h \int_{+1}^{+\infty} \frac{\gamma'}{\log\frac{h}{\gamma'}} \frac{dt'}{d\gamma'} \log(u+\sqrt{u^2-1})\frac{du}{u},$$

où l'on a posé $\gamma' = \frac{|x|}{u}$ et, par suite, $\frac{dt'}{d\gamma'}$ égal à une fonction connue de $\frac{|x|}{u}$ par l'intermédiaire de t'.

Donnons-nous la loi d'ouverture de l'orifice sous la forme

$$(2)\qquad t = \frac{c\Theta}{h}\chi\left(\frac{\gamma}{c}\right)\log\frac{h}{\gamma},$$

où Θ est un coefficient constant ayant les dimensions d'un temps $\Bigg($tel que $g\Theta^2$ *soit très petit vis-à-vis de* $\frac{h}{\log\frac{h}{c}}$, par exemple, soit du même ordre de grandeur que $c\Bigg)$ et $\chi(\alpha)$ une fonction numérique *paire* de la variable α, croissant de o à 1 en même temps que α et développable, pour $-1 \leqq \alpha \leqq +1$, en série uniformément convergente

$$\gamma(\alpha) = \sum_{k=1}^{+\infty} \alpha_k \alpha^{2k}.$$

En substituant dans (1) et effectuant les calculs, on obtient

$$\int_0^t p(x,\,o,\,t')\,dt' = \rho g c \Theta \sum_{k=1}^{+\infty} \left[a_k \sum_{p=0}^{k-1} \frac{(-1)^p C_{k-1}^p}{2p+1} \left(\frac{x}{c}\right)^{2k} \right],$$

d'où, en désignant par $\varphi(x, y, t)$ le potentiel de vitesse,

$$(4)\qquad \varphi(x,\,o,\,t) = -gc\Theta \sum_{k=1}^{+\infty} \left[a_k \sum_{p=0}^{k-1} \frac{(-1)^p C_{k-1}^p}{2p+1} \left(\frac{x}{c}\right)^{2k} \right] - \frac{1}{2}\int_0^t V^2(x,\,o,\,t')\,dt'.$$

A notre degré d'approximation, le second terme peut être négligé devant le premier, pourvu que V reste fini. Ensuite, connaissant $\varphi(x,\,o,\,t)$ pour $-\gamma \leqq x \leqq +\gamma$, les formules (1), (2) et (3) de la Note déjà mentionnée donnent $\varphi(x, y, t)$ pour $o \leqq t \leqq \tau$: ces formules définissent *le mouvement du liquide durant l'ouverture de l'orifice.*

On démontre que $\varphi(x, 0, t)$ [réduit à son premier terme indépendant de t] vérifie, quel que soit t, la relation (5) de la Note précédente $\Big[$où l'on remplace c par γ et où l'on peut négliger $\int_{-\gamma}^{+\gamma}\frac{\varphi(x', 0, t)}{\sqrt{\gamma^2-x'^2}}dx'$ devant $\pi ght\Big]$ et, comme $\varphi(x, 0, t)$ est une fonction régulière de x pour $-\gamma \leqq x \leqq +\gamma$, on en conclut qu'il y a, au degré d'approximation auquel nous nous sommes placés, *écoulement par jet à chaque instant de l'intervalle* $(0, \tau)$.

L'hypothèse implicite d'après laquelle la surface libre inférieure peut être confondue avec le segment $(-\gamma, +\gamma)$ de l'axe $x'Ox$ se trouve justifiée *a posteriori*. Ce qui précède fournit en particulier la distribution des vitesses à l'instant $\tau = \frac{c\Theta}{h}\log\frac{h}{c}$. Quant à la distribution des accélérations, elle est définie par

$$(5)\qquad \frac{\partial^2\varphi(x, 0, \tau)}{\partial y\,\partial t} = -\frac{gh}{\log\frac{h}{c}}\frac{1}{\sqrt{c^2-x^2}} \qquad [\text{pour } -c \leqq x \leqq +c] \quad (^1).$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Théorie de l'action universelle et discontinue.* Note (¹) de M. **Robert Lévi**, présentée par M. Hadamard.

1. En analysant au jour de la théorie de la Relativité la notion d'éther, nous sommes amené à rejeter celle-ci, à expliquer par un phénomène d'influence l'effet des écrans sur la lumière et à substituer au principe de l'action et de la réaction, celui de l'action universelle : *Tout agit constamment sur tout; les actions élémentaires parviennent avec la vitesse c de la lumière dans le vide.*

2. Pour adapter à ce principe les lois de l'électromagnétisme, nous cherchons à condenser celles-ci dans une formule qui soit analogue à la loi de Coulomb. On y parvient en considérant certains vecteurs d'univers, c'est-à-dire tracés dans l'espace-temps à quatre dimensions (que nous noterons $\overline{v}$) des produits scalaires (vw). Nous supposerons les unités telles que $c = 1$.

Soient $\overline{x}$ et $\overline{x_0}$ les vecteurs-coordonnées d'un électron quelconque et d'un électron particulier, t et t_0 leurs temps propres en des instants correspon-

---

(¹) Voir, au sujet des accélérations, un article de M. Vergne paru dans le *Bulletin des Sciences mathématiques*, 44, 1920, p. 220-224 et 249-253.

(¹) Séance du 8 novembre 1926.

dants, c'est-à-dire tels que l'on ait, en posant

(1) $$\bar{r} = \bar{x}_0 - \bar{x}, \qquad (rr) = 0.$$

Soient $\bar{u} = \frac{d\bar{x}}{dt}$, $\bar{\gamma} = \frac{d\bar{u}}{dt}$ le vecteur-vitesse et le vecteur-accélération.

En dérivant les égalités (2), il vient

(2) $$\frac{dt}{dt_0} = \frac{(ru_0)}{(ru)}.$$

Remarquons que le potentiel vecteur $\bar{\varphi}$, dû à des charges ponctuelles e, peut s'écrire avec cette notation

(3) $$\bar{\varphi} = -\sum k_0 e \frac{\bar{u}}{(ru)}.$$

En effectuant l'opération définissant la force électrique,

$$(m_0\bar{\gamma}_0)_i = \sum_k s_0^k \left(\frac{\partial\varphi_i}{\partial x_0^k} - \frac{\partial\varphi_k}{\partial x_0^i}\right) = \sum e_0 u_0^k \left(\frac{\partial\varphi_i}{\partial x_0^k} - \frac{\partial\varphi_k}{\partial x_0^i}\right),$$

on obtient la loi de Coulomb généralisée :

(4) $$m_0\bar{\gamma}_0 = \sum k_0 e e_0 \left[\bar{a} - \bar{r}\frac{(au_0)}{(ru_0)}\right]\frac{dt}{dt_0},$$

où

$$\bar{a} = \frac{\bar{\gamma}(ru) - \bar{u}(\gamma r) - \bar{u}}{(ru)^2}.$$

3. Telle quelle, cette formule est d'ordre purement électromagnétique. Nous avons cherché à la transformer de manière qu'elle rende compte, en outre, des faits qui relèvent de la théorie des quanta ou de l'électronique.

Ne considérons tout d'abord que des électrons négatifs; soient e leur charge électrique et m leur masse. Posons

(5) $$C\tau = \frac{e^2}{mc^3} \text{ unités C. G. S.} = \text{env. } 0{,}9 \cdot 10^{-23} \text{ sec.}$$

Appelons action le vecteur généralisé à un paramètre $\bar{A} = \bar{a}\tau + \lambda\bar{r}$; (4) devient

(6) $$\bar{\gamma}_0\tau = C\tau\sum\left[\bar{a}\tau - \bar{r}\frac{(au_0)\tau}{(ru_0)}\right]\frac{dt}{dt_0} = C\tau\sum\bar{A}\frac{dt}{dt_0}.$$

Le paramètre λ dans cette expression prend une valeur telle que (Au_0)

soit nul, c'est-à-dire telle que $\overline{A}$ soit un vecteur d'espace pour l'électron récepteur. Tout se passe comme s'il y avait émission périodique des actions $\overline{A}$ et si, à leur réception, il se produisait une variation du vecteur-vitesse proportionnelle aux vecteurs d'espace $\overline{A}$ reçus.

Pour donner à cette interprétation une valeur générale, applicable aussi bien aux protons qu'aux électrons, quoiqu'ils aient, à charge égale, une masse N fois plus grande que les électrons, nous supposons que les protons ne reçoivent les actions que pendant la $N^{\text{ième}}$ partie du temps. D'où les hypothèses suivantes :

La matière est constituée uniquement d'éléments sans volume dont les trajectoires sont des lignes brisées. Les intervalles de temps propre séparant deux brisures consécutives sont tous égaux, pour les électrons, à une constante d'univers τ qu'on peut appeler atome de temps ou chronon, et, pour les protons, à N chronons.

Les électrons et protons émettent, à chaque brisure, des actions définies par les vecteurs généralisés

$$\overline{A} = \pm \frac{\overline{\Gamma}(ru) - \overline{u}(\Gamma r) - \overline{I}}{(ru)^2} \tag{7}$$

où $\overline{I}$ est l'intervalle d'univers séparant deux brisures, et $\overline{\Gamma}$ la variation du vecteur-vitesse lors d'une brisure.

Le vecteur $\overline{\Gamma_0}$ caractérisant une brisure de E_0 est égal à

$$\overline{\Gamma}_0 = \pm C\tau\Sigma\overline{A}, \tag{8}$$

le signe somme s'appliquant aux seuls vecteurs d'espace A qui sont parvenus à E_0 pendant le chronon précédant immédiatement la brisure considérée.

4. Les équations (6) et (8) sont statistiquement équivalentes, si l'on considère seulement des actions dues à des électrons éloignés. Il en va autrement si l'on considère les actions réciproques des protons et électrons appartenant à un même atome.

Il n'apparaît donc de différence entre les phénomènes qui résultent des hypothèses ci-dessus et l'électromagnétisme ordinaire que lorsqu'on pénètre à l'intérieur de l'édifice atomique.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Extensions énergétiques du potentiel newtonien.* Note [1] de M. SAUGER.

La théorie de la relativité généralisée qui réduit la loi de Newton au rôle d'une première et d'ailleurs excellente approximation montre que même dans un champ de gravitation statique l'expression du potentiel newtonien n'est pas rigoureuse.

Il n'est pas sans intérêt par suite d'essayer d'obtenir l'expression exacte de ce potentiel. On peut semble-t-il y arriver au moyen du raisonnement suivant.

Pour cela comparons la transformation de Lorentz qui donne la contraction longitudinale et le ralentissement des chronomètres dans le cas d'une translation uniforme à la formule de Schwarzschild qui fournit ces mêmes éléments dans le champ de gravitation d'une particule.

On voit immédiatement que d'une part le carré de la vitesse v^2 et de l'autre le double du potentiel newtonien $\frac{GM}{r}$ jouent un rôle symétrique.

A l'expression $\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$ correspond dans un champ le facteur

$$\left(1-\frac{2GM}{rc^2}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

Or de même que v^2 représente le premier terme du développement de l'intensité d'énergie cinétique (du double exactement) dans le cas du mouvement, pareillement $\frac{GM}{r}$ représente le premier terme du développement de l'intensité d'énergie de gravitation, c'est-à-dire du potentiel gravifique dans l'expression exacte.

Posons maintenant, ce qui paraît extrêmement vraisemblable, que dans un cas comme dans l'autre, le raccourcissement des échelles de longueur ainsi que le ralentissement des horloges sont uniquement fonction de l'intensité de l'énergie mise en jeu (énergie cinétique dans le mouvement, énergie de gravitation dans un champ).

Cela nous amène à prendre pour expression du potentiel de gravitation un développement analogue à celui de l'intensité d'énergie cinétique.

---

[1] Séance du 26 octobre 1926.

Ce dernier étant

$$\frac{1}{2}v^2\left(1+\frac{1}{4}\frac{v^2}{c^2}+\ldots\right)$$

l'expresssion exacte du potentiel dans un champ statique sera donnée en conséquence par le développement

$$\frac{GM}{r}\left(1+\frac{1}{2}\frac{GM}{rc^2}+\ldots\right).$$

A priori, on pouvait s'attendre à un développement de cette forme; car en raison de l'inertie de l'énergie, la masse d'un corps s'accroît en proportion de l'énergie de gravitation qu'il possède. Cette masse étant pesante, il en résulte naturellement (au coefficient numérique près) l'apparition d'un terme en $\frac{GM}{rc^2}$, quotient de l'énergie de gravitation par le carré de la vitesse de la lumière.

On remarquera enfin que notre expression fournit le terme correctif en $\frac{1}{r}$ réclamé depuis longtemps par différents théoriciens de la Mécanique céleste pour améliorer la loi de Newton et en particulier pour rendre compte de l'avance anormale du périhélie des planètes et satellites.

L'écart de la loi de Newton avec la loi exacte de gravitation grandit naturellement quand d'un champ statique on passe aux phénomènes dynamiques et il n'est pas surprenant que l'expérience ait ici décelé les anomalies prévues ou expliquées par la loi d'Einstein.

Cette fois encore c'est la grande loi de l'inertie de l'énergie qui va nous tirer d'affaire et nous permettre d'introduire les corrections nécessaires.

Un corps en mouvement possède une certaine somme d'énergie cinétique et, s'il est de plus placé dans un champ, cette énergie pèse en proportion de sa masse qu'on obtient en divisant par le carré de la lumière.

Pour les astres dont les vitesses sont faibles devant celle de la lumière, il est permis de prendre pour expression de l'énergie cinétique le premier terme du développement, soit $\frac{1}{2}mv^2$.

De là pour le potentiel et en tenant compte du résultal précédent, la forme

$$GM\left(1+\frac{a\,GM}{rc^2}\right)\left(1+\frac{v^2}{2c^2}\right)$$

ou, avec l'approximation consentie,

$$GM\left(1+\frac{a\,GM}{rc^2}+\frac{v^2}{2c^2}\right).$$

Si l'on considère une vitesse proche de celle de la lumière, la formule n'est plus exacte et il faut pousser le développement de l'énergie cinétique au delà du premier terme.

Pour un rayon lumineux entre autres, l'énergie est non plus $\frac{1}{2}mv^2$, mais mc^2; de là pour la valeur du potentiel

$$\frac{\mathrm{GR}}{r}\left(1+\frac{a\,\mathrm{GM}}{rc^2}+1\right),$$

soit très approximativement $\frac{2\,\mathrm{GM}}{r}$, c'est-à-dire le double du potentiel newtonien.

Le résultat conforme à la loi d'Einstein fait ainsi prévoir pour la déviation d'un rayon lumineux rasant le soleil la même valeur que cette dernière soit le double de celle qui résulterait de l'application de la loi de Newton.

Quant au déplacement vers le rouge des raies solaires, cette expression du potentiel en rend parfaitement compte puisque comme l'on sait le potentiel newtonien qui figure ici comme premier et principal terme suffit pour l'établir.

Signalons enfin que les expressions auxquelles nous arrivons se rapprochent des formes de potentiel newtonien proposées par M. Maillard et qui, établies sur d'autres bases, fournissent également les résultats essentiels de la loi d'Einstein.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la valeur de la constante de temps la plus favorable à l'entretien électrique direct d'un mouvement oscillatoire.* Note [1] de M. **A. Guillet**, présentée par M. A. Cotton.

L'essentiel d'un dispositif d'entretien électrique direct consiste à exercer une attraction f sur un vibrateur, dont nous désignerons la pulsation par ω, au moyen d'un courant d'intensité variable i. Ce courant est établi par le vibrateur lorsque celui-ci passe par les phases $\varphi + k\,2\pi$ de son mouvement, et interrompu au passage en sens inverse par la même position, c'est-à-dire aux phases $\pi - \varphi + k\,2\pi$. A *l'établissement* du courant l'attraction doit faire *frein* sur le vibrateur.

Soient a l'amplitude du mouvement du point d'application de la force f et

(1) Séance du 8 novembre 1926.

$x = x_0 + a \sin \omega t$ la loi de son mouvement, on obtiendra le *cycle d'entretien* en portant les valeurs de x en abscisses et les valeurs correspondantes de f en ordonnées. L'aire $\mathcal{A}$ de ce cycle mesure l'énergie compensatrice de l'amortissement fournie au vibrateur par la source, au cours de chaque période; il est évident que si la constante de temps τ du circuit choisi est, soit très petite, soit très grande par rapport à la période T du vibrateur, celui-ci restera au repos puisque l'aire $\mathcal{A}$ sera alors presque nulle : dans le premier cas les travaux résistant et moteur sont très sensiblement égaux et dans le second cas, l'intensité du courant i ne peut atteindre une valeur sensible.

Voyons quelle valeur il convient de donner à τ dans le cas fréquent où l'attraction f provient d'un électro-aimant fixe, en regard duquel vibre l'armature attirée. Lorsque a est négligeable devant x_0 et quand il est possible de considérer l'aimantation comme proportionnelle à i, on trouve, en posant

$$\nu = \mathrm{T} : \tau,$$

et pour la phase $\varphi = 0$

$$\mathcal{A} = 4\pi k a \mathrm{I}^2 \mathrm{U}(\nu) \qquad \text{avec} \quad \mathrm{U}(\nu) = \nu \left[\frac{1 + e^{-\nu}}{4\pi^2 + \nu^2} - \frac{1 + e^{\nu}}{4\pi^2 + 4\nu^2} \right],$$

I étant l'intensité E : R que donne, dans le circuit d'entretien et au repos, la force électromotrice utilisée E.

On voit que l'énergie reçue à chaque période par le vibrateur ne dépend de la période du vibrateur et de la constante de temps du circuit que par le *rapport* de ces deux durées. Pour

ν	$\mathrm{U}(\nu)$
1.	0,0082
2.	0,022
3.	0,034
4.	0,043
5.	0,048
6.	0,051
7.	0,0518
8.	0,0516
9.	0,0508
10.	0,0496
12.	0,0461
20.	0,0333
100.	0,0075

La valeur la plus favorable de la constante de temps est voisine de T : 7, mais on voit que de T : 4 à T : 12 les variations relatives de $\mathrm{U}(\nu)$ sont seulement d'environ un cinquième de sa valeur. La grande latitude dont on dispose pour la constante de temps explique la facilité d'emploi de l'entretien direct. Pourtant si un circuit a été agencé pour réaliser les meilleures conditions, par exemple dans le cas d'un diapason de fréquence 100, pour conserver les mêmes avantages en ce qui concerne l'entretien d'un diapason de fréquence 1000, il faudra rendre 10 fois plus petite la constante de temps du nouveau circuit d'entretien.

Dans le cas où l'attraction due au courant variable s'exerce par l'intermédiaire d'une bobine agissant sur un pôle d'aimant d'intensité constante m, la fonction $U(v)$ se réduit à son premier terme, et l'on a seulement

$$\mathcal{A}_1 = 2\pi\psi a m I \frac{v}{4\pi^2 + v^2}\left(1 + e^{-\frac{v}{2}}\right).$$

Les conclusions précédentes subsistent sensiblement.

On obtient, par un calcul un peu laborieux, mais facile, la fonction $U(v, \varphi)$ dans le cas où la phase φ est différente de zéro.

Lorsque les armatures attirées se déplacent notablement par rapport à l'électro, des forces électromotrices induites par la déformation du circuit magnétique influent sur la loi $i = f(t)$ du courant d'entretien. De même lorsqu'on emploie un aimant dont les pôles se déplacent le long de l'axe de la bobine qui reçoit le courant i, la force électromotrice induite par le mouvement du pôle intervient. La force f (et par suite le travail $\mathcal{A}$) n'aurait plus la valeur trouvée plus haut. A la faveur de quelques hypothèses légitimes, il est possible d'expliciter alors complètement la loi du courant et par suite $\mathcal{A}$; mais il est plus simple, au point de vue pratique, de tenir compte de ces effets d'induction en déterminant, en leur présence, le coefficient d'amortissement λ' du vibrateur. De cette manière on tient compte aussi au moins partiellement de l'effet des courants de Foucault.

Dans le cas d'un pendule de masse M, d'amortissement électromécanique λ', dont le centre de gravité est à la distance h de l'axe de suspension et la force f appliquée au centre d'oscillation situé à la distance L de ce même axe, l'amplitude angulaire de régime est :

$$\theta_0 = p\frac{\psi}{\lambda'}\sqrt{\frac{L}{g}}\frac{mI}{Mh}U_1(v). \tag{1}$$

Dans le cas d'un diapason de fréquence N, de masse M, de longueur l_0, l'attraction étant exercée à la distance l de l'extrémité fixe des branches, on a de même, pratiquement, pour l'amplitude linéaire a_0 aux extrémités libres des branches :

$$a_0 = b\frac{k}{\pi}\frac{l}{l_0}\frac{I^2}{MN\lambda'}U(v). \tag{2}$$

Les équations (1) et (2), qui expriment qu'il y a compensation entre l'énergie dissipée par les actions amortissantes et l'énergie fournie par la pile employée, permettent d'appliquer rationnellement l'entretien direct a un vibrateur mécanique caractérisé par les grandeurs, faciles à mesurer,

figurant dans ces formules, au lieu de procéder par essais empiriques comme il est d'usage.

M. E. Selzer, grâce à de nombreuses mesures de constantes, de temps et d'amplitudes à phase fixe, a construit la courbe (2) et constaté sa correspondance d'allure avec la courbe théorique.

ÉLECTRICITÉ. — *Variation de la constante diélectrique du benzène avec la pression.* Note (¹) de M. **L. Cagniard**, présentée par M. A. Cotton.

La méthode de mesure précise des petites variations de capacité d'un condensateur, exposée sommairement dans une Note précédente (²), m'a permis d'étudier de près la variation de la constante diélectrique du benzène avec la pression.

La longueur d'onde des oscillations de haute fréquence est de 6425^{m}. Le champ électrique appliqué au diélectrique liquide est de 650 volts efficaces par centimètre. La méthode étant sensible, je n'ai pas eu besoin de dépasser une compression de 22^{atm}.

Les condensateurs sont maintenus dans un thermostat. La compression du diélectrique élève sa température de t à $t + \theta$, et l'on pourrait songer à opérer assez vite pour déterminer le coefficient de variation adiabatique de la constante diélectrique avec la pression. Il n'est pas possible de procéder ainsi : le condensateur, en effet, avec ses parois épaisses et ses armatures massives, forme un bloc métallique dont la capacité calorifique, sans être énorme vis-à-vis de celle du diélectrique, est néanmoins importante. Les échanges calorifiques entre le liquide et le métal sont suffisamment rapides pour que l'élévation de température θ', après les 3 ou 4 minutes nécessaires pour effectuer une mesure, ne soit plus qu'une fraction assez petite de θ.

J'ai donc mesuré θ', à l'aide d'un thermocouple sensible, et fait la correction correspondante pour ramener la mesure à la température t. Je me suis assuré que la température du liquide compris entre les lames très rapprochées du condensateur ($0^{mm},6$), de même que la température du métal des armatures, demeuraient constantes pratiquement pendant plusieurs minutes. Il faudrait attendre au moins une demi-heure pour revenir à la température du thermostat et obtenir par une mesure directe le coefficient

(¹) Séance du 8 novembre 1926.

(²) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1528.

isotherme. Il est impossible d'attendre aussi longtemps car on ne pourrait plus être certain que le fonctionnement (intensité, fréquence) du circuit oscillant n'a pas légèrement varié.

Il vaut donc mieux faire la correction indiquée plus haut, de l'ordre de 10 pour 100, qui n'introduit pas dans le résultat d'erreur supérieure au centième.

La seule autre correction, de l'ordre du centième, est celle de la compressibilité de l'invar qui constitue le métal des armatures du condensateur.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° A température constante, la constante diélectrique ε croît linéairement avec la pression p. Les points expérimentaux se placent parfaitement sur une droite dont le coefficient angulaire donne $\frac{\partial \varepsilon}{\partial p}$ au centième près.

2° J'ai mesuré $\frac{\partial \varepsilon}{\partial p}$ à différentes températures. Je trouve ainsi

A 23°,8	$1,42 . 10^{-10}$
A 19,0	$1,38 . 10^{-10}$
A 9,6	$1,31 . 10^{-10}$
A 1,4	$1,25 . 10^{-10}$

la pression p étant exprimée en baryes.

Si nous portons la température t en abscisses et le coefficient $\frac{\partial \varepsilon}{\partial p}$ en ordonnées, ces points se placent sur une courbe régulière présentant une légère concavité vers les $\frac{\partial \varepsilon}{\partial p} > 0$ et réflétant, conformément aux théories habituellement admises, l'augmentation du coefficient de compressibilité isotherme avec la température.

3° La théorie des constantes diélectriques de Debye (1) permet de calculer $\frac{\partial \varepsilon}{\partial p}$ à partir du coefficient de compressibilité, par l'application de la formule

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \frac{1}{\rho} = f(T),$$

ρ désignant la masse spécifique du diélectrique et $f(T)$ une fonction de la température seulement.

A la température de 23°,8, par exemple, ce coefficient devrait être $1,715 . 10^{-10}$, nombre nettement plus grand que le résultat de mes mesures.

(1) *Physik. Zeitschr.*, 13, 1912, p. 97.

Ce désaccord est à rapprocher du fait que la théorie de Debye ne suffit pas, sous sa forme originale, à représenter quantitativement la variation de la constante diélectrique du benzène avec la température [1].

4° D'après la même théorie de Debye, dans l'intervalle de températures étudié ici, la variation relative de $\frac{\partial \varepsilon}{\partial p}$, pour un degré, doit être de $6,9.10^{-3}$. Je l'ai trouvé de $5,7.10^{-3}$, c'est-à-dire du même sens et du même ordre de grandeur.

OPTIQUE. — *Sur la théorie des ondes de phases de M. L. de Broglie.* Note de M. G. **Gamow**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans un récent travail [2] M. de Broglie démontre qu'à chaque mobile, se mouvant avec la vitesse βc, on peut attribuer deux fréquences

$$\nu = \frac{mc^2}{h}\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad \text{et} \qquad \nu_1 = \frac{mc^2}{h}\sqrt{1-\beta^2}.$$

La première fréquence est attribuée à l'onde de phase se mouvant avec la vitesse $\frac{c}{\beta}$, tandis que la seconde dépend d'un certain processus intérieur inconnu.

La Note ci-jointe a pour but de démontrer la signification physique de la fréquence du processus intérieur.

Si nous considérons la propagation d'un groupe isolé (intégrale de Fourier), la vitesse de sa propagation (vitesse de groupe des ondes) va coïncider avec celle du mobile $c\beta$.

Mais les travaux de M. A. Schuster [3] indiquent que le groupe en se propageant dans le milieu dispersif *change périodiquement de forme* et que la fréquence de ce phénomène est égale à

$$\frac{\partial V(\lambda)}{\partial \lambda},$$

où $V = V(\lambda)$ est l'expression de la loi de dispersion. Un calcul des plus

(1) Sänger, *Physik. Zeitschr.*, 6, 1926, p. 165.

(2) L. de Broglie, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 507, 548; *Ann. de Phys.*, 10e série, 3, 1925, p. 22.

(3) A. Schuster, *Boltzmann-Festschrift*, 1904, p. 569.

simples nous prouve que *cette fréquence pour les ondes des phases coïncide avec la « fréquence intérieure » de M. de Broglie.*

En supposant l'énergie du processus intérieur égale à $h\nu$ nous trouvons pour la masse du mobile l'expression

$$m = \frac{h\nu}{c^2}.$$

Les raisonnements ci-dessus semblent donc faire ressortir l'équivalence complète du mobile et du groupe des ondes.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure du spectre du deuxième ordre de l'oxygène* (OII). Note [1] de M. C. **Mihul**, présentée par M. Cotton.

F. Croze [2], puis A. Fowler [3] ont reconnu dans le spectre de OII un grand nombre de multiplets correspondant à des combinaisons entre des termes doubles et entre des termes quadruples. Fowler a signalé en outre un groupe de combinaisons entre les termes quadruples $^4S_0$, $^4P'_{0,}$ ^4D et un terme de nature inconnue qu'il a désigné par le symbole X_3. Le relevé que j'ai fait du spectre de OII m'a permis de trouver quatre groupes de combinaisons des mêmes termes quadruples avec des termes que leurs quantiques internes conduisent à désigner par les symboles X_1, X_2, Y_1 et Y_3. Ces cinq groupes de combinaisons sont donnés dans le tableau ci-contre.

J'ai pu étudier l'effet Zeeman de la plupart de ces raies. Les appareils dont je me servais m'ont permis de séparer complètement les composantes parallèles et perpendiculaires des raies $^4P'_2 - X_1$, $^4P'_1 - X_1$, $^4P'_1 - Y_1$, $^4P_1 - X_2$, de séparer complètement les composantes parallèles de la raie $^4P'_2 - X_3$: j'ai pu ainsi déterminer les coefficients de séparation y des termes X_1, X_2, X_3, Y_1. Quant au coefficient y du terme Y_3, j'en ai obtenu une valeur approximative en cherchant celle qui permettait d'interpréter l'ensemble des effets Zeeman observés sur les raies $^4S_2 - Y_3$, $^4P'_3 - Y_3$, $^4P'_2 - Y_3$, $^3D_3 - Y_3$. Ces coefficients de séparation sont donnés dans le tableau suivant :

Termes.	X_1.	Y_1.	X_2.	X_3.	Y_3.
y	0,774	1,897	1,588	1,00	1,55

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) F. Croze, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 277 et 434.

(3) A. Fowler, *Proc. Roy. Soc. London*, 110 A, 1926, p. 476.

TABLEAU.

λ.	i.	ν.	Combinaisons.	λ.	i.	ν.	Combinaisons.
4864,87	3	20549,83	$^4S - X_1$	4890,85	4	20440,66	$^4S - Y_1$
4110,79	3	24319,37	$^4P'_2 - X_1$	4129,35	2	24210,08	$^4P'_2 - Y_1$
4103,01	5	24365,52	$^4P'_1 - X_1$	4121,46	4	24256,42	$^4P'_1 - Y_1$
3856,14	5	25925,34	$^4D_2 - X_1$	3872,41	1	25816,45	$^4D_2 - Y_1$
3847,89	3	25980,90	$^4D_1 - X_1$	3864,13	0	25871,75	$^4D_1 - Y_1$
4906,80	5	20374,24	$^4S_2 - X_2$				
4156,52	3	24051,82	$^4P'_3 - X_2$				
4140,72	0	24143,63	$^4P'_2 - X_2$				
4132,80	6	24189,88	$^4P'_1 - X_2$				
3896,31	1	25658,06	$^4D_3 - X_2$				
3882,43	1	25749,77	$^4D_2 - X_2$				
3874,07	2	25805,39	$^4D_1 - X_2$				
4844,97	1	20634,21	$^4S_2 - X_3$	4924,50	6	20300,98	$^4S_2 - Y_3$
4112,02	4	24312,09	$^4P'_3 - X_3$	4169,23	4	23978,52	$^4P'_3 - Y_3$
4096,53	3	24404,05	$^4P'_2 - X_3$	4153,29	7	24070,52	$^4P'_2 - Y_3$
3875,80	4	25793,80	$^4D_4 - X_3$	?		?	$^4D_4 - Y_3$
3857,16	4	25918,35	$^4D_3 - X_3$	3907,44	4	25585,00	$^4D_3 - Y_3$
3843,57	3	26010,17	$^4D_2 - X_3$	3893,52	2	25676,45	$^4D_2 - Y_3$

Ils ne sont pas de ceux qui correspondent d'après Landé aux termes ordinaires des multiplets du premier degré. Les deux premiers, ceux qui se rapportent aux termes X_1 et Y_1, ont pour somme 2,67, ce qui a lieu, d'après Landé (¹), pour les termes $^{24}P_1$ des multiplets du deuxième degré. Il n'en résulte pas que ces termes soient effectivement des termes $^{24}P_1$, car ils se combinent avec des termes ordinaires des multiplets du premier degré; les coefficients y des termes X_2, X_3, Y_3 ne sont d'ailleurs pas ceux des termes $^{24}P_2$ et $^{24}P_3$. Le produit des coefficients y des termes X_3 et Y_3 est égal approximativement au coefficient y des termes $^4P_3$ des multiplets du premier degré, fait analogue à ceux qui ont été signalés par Back (²) pour certains des termes anormaux des multiplets du premier degré du calcium. Il n'en résulte pas que ces termes soient effectivement les termes $^4P_3$, car les coefficients y des termes X_1, Y_1 ne sont pas ceux qui conviennent, d'après la règle de Back, à des termes $^4P_1$. Les termes X_1, Y_1, X_2, X_3, Y_3 doivent donc être considérés comme des termes d'une nouvelle espèce.

(¹) E. BACK et A. LANDÉ, *Zeemaneffekt*, Berlin 1925, p. 60.

(²) E. BACK, *Zeits. für Phys.*, **33**, 1925, p. 579.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les rayons β lents du mésothorium-2*. Note [1] de MM. **D. K. Yovanovitch** et **Al. Proca**, présentée par M. Jean Perrin.

L'énergie des rayons β du mésothorium-2, actuellement connus ne descend pas au-dessous de 38000 volts. Nous avons essayé de compléter ces résultats en poussant l'investigation du côté des petites vitesses. Les résultats que nous présentons ici s'étendent jusqu'à 2900 volts environ.

La méthode employée a été la méthode classique de la déviation magnétique, les spectres étant enregistrés sur une plaque photographique. L'appareil utilisé était l'appareil bien connu à foyer; son rayon de courbure maximum était $9^{cm},5$ et il pouvait recevoir des plaques de $4^{cm},5$ de largeur. Il était plongé dans une boîte ou l'on entretenait un vide de l'ordre du $\frac{1}{10000}$ de millimètre de mercure.

Les sources ont été préparées par le procédé décrit en détail par l'un de nous [2]. Pour les rendre linéaires, on tassait les oxydes des terres rares qui supportent la matière radioactive, dans une rigole en Al, ou dans une rainure pratiquée dans une plaquette en zinc.

Les plaques photographiques étaient soit des Intensives Lumière, soit des films Schumann-Hilger. Les poses duraient 6-8 heures. Un développement lent et particulièrement soigné a été reconnu indispensable.

Le champ était produit par deux bobines de Helmholtz, construites par M. d'Espine, mesurant $0^{m},89$ de diamètre et fournissant un champ uniforme dans toute l'étendue du parcours des rayons β. Grâce aux dispositions prises, ce champ était rigoureusement constant pendant toute la durée de la pose.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus. Les intensités ont été appréciées seulement qualitativement. Les raies marquées ?, quoique extrêmement faibles, ont été rencontrées au moins deux fois sur les clichés.

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) D.-K. Yovanovitch, *Journal de Chimie physique*, 23, 1925, p. 5.

Spectre magnétique du MsTh-2.

Nos.	Intensité.	H ρ.	Énergie. volts
1	assez forte	181	2880
2	assez forte	195	3350
3	très faible	299	7830
4	?	333	9720
5	?	417	15100
6	?	501	21700
7	?	529	24150
8	moyenne	597	30600
9	moyenne	606	31500
10	faible	640	34500
11	assez forte	654	36500
12	très forte	668	38050
13	assez forte	676	38920
14	très forte	700	41600
15	très faible	723	44300
16	très faible	757	48340

Nous pensons, d'accord avec Black (1), que les deux raies fortes 38,05 KV, et 41,6 KV sont attribuables à des photoélectrons extraits des niveaux L_{II} et L_{III} (N = 90), par un important groupe de rayons γ du mésothorium-2, correspondant à 58,7 KV.

On observe sur les clichés un fond continu qui présente un aspect caractéristique. En partant de la région des petites vitesses il garde une intensité constante I jusqu'à 4500 volts environ, puis il décroît pour arriver presque à zéro. Vers 18000 volts il commence à croître lentement jusque vers 32000 volts. A cet endroit son intensité augmente assez brusquement jusqu'au niveau de la première raie forte, 38000 volts, où il atteint sa valeur maximum 1,5 I. Il garde cette valeur jusqu'au niveau de la deuxième raie forte, 41600 volts, après quoi il retombe brusquement à sa valeur primitive I.

En l'absence de mesures photométriques (que nous nous proposons d'effectuer prochainement), on ne peut encore tirer de ce qui précède des conclusions précises. Toutefois la corrélation certaine entre le fond continu et les raies est à rapprocher des conclusions théoriques de Mme Curie (2), et nous nous proposons de rechercher dans quelle mesure elle pourrait être

(1) D.-H. Black, *Proc. Roy. Soc.*, 106 A, 1924, p. 632.

(2) Mme P. Curie, *Journal de Physique*, 7, 1926, p. 97.

attribuée à l'effet Compton. On peut se demander en particulier si l'intervalle non impressionné sur la plaque dans la région comprise entre 10 KV et 30 KV ne correspondrait pas à la séparation des bandes dues aux électrons de choc et aux photoélectrons provenant des rayons γ, de 57,8 KV. Pour ces rayons γ, en effet, l'énergie des électrons de choc serait comprise entre 0 et 11,7 KV, tandis que celle des photoélectrons varierait entre 27 KV et 42 KV environ.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'azéotropisme, particulièrement des systèmes binaires à constituants chimiquement voisins.* Note de M. **Maurice Lecat**, présentée par M. Le Chatelier.

Une étroite parenté chimique entre deux substances A, B est défavorable à l'azéotropisme, mais non exclusive comme on l'a cru (¹). Une grande dissemblance (α) entre A et B est certes propice à un azéotropisme accentué, mais elle n'est pas indispensable; une forte association moléculaire (β) pouvant suffire, surtout si elle n'a lieu que pour un seul constituant. Si les deux conditions (α, β) sont réunies et si les températures d'ébullition E_A, E_B, de A et B sont suffisamment voisines, l'écart azéotropique δ atteint souvent une dizaine de degrés, parfois davantage. Le nombre δ est la valeur absolue, en degrés centigrades, de la différence entre les P. E. (sous 760^{mm}) : E_{az} de l'azéotrope (binaire) et E_A ou E_B de la substance, A ou B, la plus ou la moins volatile, suivant que l'azéotropisme est positif ou négatif (la tension de vapeur étant maxima ou minima).

Occupons-nous d'abord du premier cas. Les quatre plus forts δ actuellement connus sont ceux des azéotropes [1] à [4], consignés dans la table (²) ci-dessous, où $\sim$ signifie environ. C'est l'association fort élevée de l'acé

(¹) Cf. S. Young, *Distillation principles and processes*, Londres, 1922, particulièrement p. 34, 46. — Il y a quelques années déjà, nous faisions connaître des cas d'azéotropisme entre hydrocarbures (1909), ensuite entre dérivés halogénés, entre alcools, entre éthers-sels (1918).

(²) Les remarques faites dans ce travail ne peuvent, chacune, être illustrées que de quelques exemples; mais elles s'appuient sur de très nombreuses données expérimentales, qu'on trouvera ailleurs. Voir déjà : M. Lecat, *Ann. Soc. sc. Bruxelles*, **45**, 1926, p. 169-177; *Recueil Trav. chim. Pays-Bas*, **45**, 1926, p. 620-627.

tamide qui produit un azéotropisme si accentué (1). Les systèmes [5] et [6] sont remarquables aussi.

Certes, on ne s'attend pas à rencontrer souvent de tels δ lorsque les deux constituants ont les mêmes fonctions; mais ils sont possibles. Dans [7-15], δ est petit. Mais dans [16-17] il est supérieur et dans [18-19], bien que les constituants y soient tous deux aliphatiques, δ atteint des valeurs parmi les plus élevées; cela tient à l'association prononcée du glycol (cf. [67]); preuve : le système (linalool, octanol *n.* 1re) n'est pas azéotropique. Dans [14], la parenté est la plus étroite et, en dépit du faible δ, cela achève de justifier notre thèse.

Il est moins favorable à l'azéotropisme (positif) que l'association soit forte pour deux constituants que pour un seul; ainsi il n'y a pas d'azéotrope (acétamide-glycol), l'isobare étant peu courbée.

Dans le cas d'azéotropisme négatif, δ ne dépasse 2 que pour les solutions aqueuses ou pyridiques de certains acides forts, ou bien si se rencontrent les fonctions phénol et cétone ou esther. Nous n'avons encore trouvé qu'un seul azéotrope négatif à constituants voisins : [20]. Avec les halogénures, l'azéotropisme qu'engendrent les phénols est toujours positif, contrairement à ce qui a lieu avec les aldéhydes, les amines, les cétones, les esthers et aussi — voir [21-23] — avec les alcools, certains alcools plurivalents mis à part (2).

Enfin, deux remarques :

a. Si, dans un azéotrope X, un constituant n'a qu'une seule fonction (α) et l'autre deux (β, γ) dont une au moins (β), étant seule, donne avec (α) l'azéotropisme négatif, il est très probable que X est de même nature et — contrairement à ce qu'on pourrait prévoir — non moins accentué dans les cas, marqués † dans la table, où (γ), étant seule, engendre avec (α) un azéotropisme positif. Exemples : [24-28];

---

(1) La valeur 19 de δ pour [1] est dépassée par celle (19°,15) de l'eutectique (hétérogène à l'ébullition), de P.E. 81°,25, formé de 39,5 pour 100 de nitrométhane (101°,15) et de 60,5 pour 100 de méthylcyclohexane (101°,1). Notons que pour [1], [2], [6], la température de démixtion, respectivement 179°, 148°,5 120°,2, est assez élevée et qu'ainsi le point azéotropique n'est guère éloigné du domaine de démixtion, circonstance favorable (mais non nécessaire) à l'azéotropisme (positif).

(2) Le fait qu'avec les phénols, les alcools polyvalents se comportent autrement que les monovalents est à rapprocher de ce qui a lieu pour les hydrocarbones polyhalogénés : très souvent ceux-ci donnent l'azéotropisme négatif, alors que cela n'a jamais lieu avec les monohalogénés.

b. Lorsqu'un constituant d'un azéotrope négatif est halogéné, il l'est toujours plusieurs fois. Que faut-il pour la réciprocité? Elle n'a pas toujours lieu.

	A.	B.	E_A.	E_B.	E_{az}.	Pour 100 de A.	δ.
[1]	Acétamide........	Diéthylaniline	221,1	217,05	198,05	24	+19
[2]	»	Naphtaline	»	218,05	199,55	27,2	+18,5
[3]	»	Salicylate méth.	»	222,35	205,8	29	+15,3
[4]	»	Pulégone	»	224,0∼	205,9	36	+15,2
[5]	Camphène.......	Oxalate méth.	159,6	163,5	146,65	58	+12,95
[6]	Glycol (ordin.)...	Nitrobenzène	197,4	210,85	185,9	59	+11,5
[7]	Acétate bornyle...	Phénylacét. éthyle	227,7	228,75	226,7	56	+1
[8]	Benzoate méth....	Malonate éthyle	199,55	198,6	198,0	46∼	+ 0,6
[9]	Brom. éthylène...	Chlorbenzène	131,65	132,0	129,75	55∼	+ 1,9
[10]	Dichlorbromméth.	Trichloréthylène	90,15	86,95	86,7	22	+ 0,25
[11]	Benzène.........	Cyclohexane	80,2	80,75	77,5	<52	+ 2,7
[12]	»	Cyclohexène	»	82,75	79,45	86∼	+ 0,75
[13]	Méthylcyclohex...	Heptane norm.	101,1	98,45	98,3	10∼	+ 0,15
[14]	Acétamide.......	Propionamide	221,1	222,1	220,7	72	+ 0,4
[15]	Menthol.........	Phényléthanol	216,4	219,4	215,15	70	+ 1,25
[16]	Glycol (ordin.)...	Alcool benzylique	197,4	205,15	193,1	56	+ 4,3
[17]	» ...	Bornéol	»	213,2	189,25	54,2	+ 9,15
[18]	» ...	Octanol norm. 1re	»	195,15	184,35	36,5	+10,8
[19]	» ...	Linalool	»	198,6	182,2	40	+15,2
[20]	Dichlorbromméth.	Brom. isobutyle	90,15	90,95	91,6	45∼	— 0,65
[21]	Phénol (ordin.)..	Octanol norm. 2e	182,2	179,0	184,65	50	— 2,45
[22]	Crésol *para*......	Alcool benzylique	201,7	205,15	207,0	38	— 1,85
[23]	»	Glycol (ordin.)	»	197,4	195,2	53,5	— 2,2
[24]	Phénol (ordin.)..	Lactate isobutyle	182,2	182,15	189,05	46∼	— 6,85
[25]	Crésol *para*......	Lactate isoamyle	201,7	202,4	207,25	48	— 4,85
[26]	Chlorphénol *para*.	Acétate bornyle	219,75	227,7	232,7	28	— 5,0
[27]	» .	Menthol	»	216,4	223,5	57,5	— 3,75
[28]	Dichlorhydrine α.	Méthylhepténone	175,1	173,2	178,5 ∼	65∼	—3,4∼

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les aciers au chrome et au cobalt.* Note de M. **F.-M. Ostroga**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai fait sur des aciers au chrome et au cobalt, employés depuis quelques années pour la fabrication de soupapes d'échappement dans certains moteurs, des déterminations dilatométriques et micrographiques, qui mettent en lumière la très grande facilité de ces aciers, à prendre l'hyper-

trempe par refroidissement à l'air, après chauffage à une température relativement peu élevée.

Aciers utilisés :

N° 1.........	C = 1,21	Cr = 13,16	Co = 4,88	Mo = 0,64
N° 2.........	C = 1,78	Cr = 13,06	Co = 2,40	Mo = 1,14

Points de transformation. — Au chauffage, la transformation Ac, très nette et rapide, s'étale :

Pour l'acier n° 1..................................	de 850° à 865°
Pour l'acier n° 2..................................	de 855° à 875°

Les températures des points de transformation au refroidissement sont données dans le Tableau I.

Points singuliers sur courbes de revenu. — Lorsque la température atteinte au premier chauffage est comprise entre 875° et 1100°, et que le refroidissement qui a suivi a été lent, on note, au revenu, une brusque expansion localisée vers 700°, d'autant plus prononcée que la température atteinte au chauffage précédent a été plus élevée. Cette anomalie est beaucoup moins nette si le métal a subi une trempe à l'air au lieu d'un refroidissement lent; il faut même que cette trempe se fasse vers 1080° pour que la seconde chauffe dénote un palier bien prononcé à 700°.

Dans tous les essais dilatométriques, l'étalon choisi a été le *baros*. Pour les éprouvettes dont la température de trempe n'a pas dépassé 1100°, les courbes de second chauffage sont toutes descendantes; elles montent au contraire pour les aciers trempés au-dessus de 1100° (métal complètement hypertrempé). Il se produit alors une transformation, dont le maximum vers 700° peut être précédé d'une contraction de la courbe. Le Tableau II indique les températures relevées pour ces deux points, dans huit expériences différentes.

Au refroidissement, après chauffage à 800°, d'un acier hypertrempé, toutes les courbes subissent entre 440° et 315° une expansion d'autant plus prononcée que la transformation se produit à température plus basse. Cette température de transformation ne paraît pas du reste être en relation avec la vitesse du refroidissement.

Principaux aspects micrographiques. — La caractéristique des aciers bruts de forge ainsi que celle des aciers revenus après une trempe peu supérieure au point de transformation est la présence de cristaux de carbure, disposés par bandes, et beaucoup plus volumineux et plus nombreux, au centre des barres qu'à leur périphérie.

La trempe à l'air entre 1100° et 1200° donne un acier complètement polyédrique. Les échantillons ainsi traités présentent, après revenu complet, un mélange d'austénite, de troostite et de martensite brune grossière. La décomposition de l'austénite n'est jamais complète après un premier chauffage, et une trempe à 780°, à l'eau froide, d'un acier préalablement hypertrempé, montre, dans chaque grain, une transformation partielle : austénite-troostite.

TABLEAU I.

Désignation de l'acier.	Température atteinte au chauffage.	Points de transformation au refroidissement — dans le four (100° en 10 minutes).		Points de transformation au refroidissement — à l'air calme (80° en 1 minutes).	
N° 1.........	920°	750°	475°	430°	
» 1.........	970	740	450	390	
» 1.........	1020	720	400	320	
» 1.........	1080	–	–	250	140
» 2.........	1020	740	430	330	
» 2.........	1080	420	210	280	190

TABLEAU II. — *Points singuliers de la courbe de chauffage après hypertrempe.*

Désignation de l'acier.	Température de trempe (air calme).	Contraction à	Max. à	Observations.
N° 1 Eprouv. 2.........	1160°	625°	720°	
» (2e fois).........	1160	625	720	
» 1 » 5.........	1170	–	720	
» 1 » 1.........	1160	–	700	
» 1 » 3.........	1250	600	700	acier à eutectique
» 1 » 6.........	1210	»	700	id.
» 2 » 3.........	1180	710	780	
» 2 » 4.........	1230	–	700	acier à eutectique

La trempe à l'air au-dessus de 1200° met en évidence, entre les grains d'austénite, la formation d'un eutectique stable, au moins pour les températures atteintes ordinairement dans les traitements industriels.

Conclusion. — Au point de vue de l'influence de la température de chauffage et de la vitesse du refroidissement, sur la constitution des alliages, les aciers au chrome et au cobalt montrent une sensibilité au moins égale, sinon supérieure, à celle des aciers chrome-nickel et des aciers à coupe rapide.

Au revenu, après chauffage préalable à une température peu supérieure au point critique, suivi d'un refroidissement lent, l'anomalie très nette vers 700° que présentent les aciers étudiés, semble indiquer une transformation

austénite-troostite que l'on retrouve plus accusée encore au chauffage du métal complètement hypertrempé.

La faculté de prendre facilement l'hypertrempe par refroidissement à l'air, associée à la difficulté avec laquelle se produit la décomposition de l'état stable à chaud, ainsi obtenu, désignent tout spécialement les aciers au chrome et au cobalt pour l'étude des modalités différentes des aciers trempés à l'échauffement, ainsi que pour celle des phénomènes de trempes secondaires.

Des recherches méthodiques sur l'influence des additions de cobalt aux aciers au chrome sont actuellement en cours.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essais de viscosité sur le cuivre et ses alliages.* Note de MM. **J. Cournot** et **R. Pages**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons utilisé l'appareil dont il a été parlé dans une Note de l'un de nous [1], en collaboration avec M. Sasagawa sur la viscosité d'aciers ordinaires et spéciaux; nous donnons ici les résultats d'essais analogues sur le cuivre et les alliages de cuivre. L'appareil a dû être légèrement modifié afin de pouvoir effectuer des expériences à température plus basse et pour des charges moins fortes qu'antérieurement; le principe de la charge unitaire maintenue rigoureusement constante, en dépit de la diminution de section de l'éprouvette, a été conservé.

Les éprouvettes étaient toujours des fils de 1^{mm} de diamètre; nous n'avons pas créé, cette fois-ci, autour d'elles, d'atmosphère spéciale en raison de la nature des alliages et des basses températures d'essais. Nous avons vérifié à nouveau qu'il existe une limite de viscosité et que, pour des charges immédiatement supérieures, la vitesse d'écoulement prend une valeur constante, dans les conditions de nos expériences; nous avons dans cette nouvelle série effectué des essais jusqu'à la température ordinaire, et nous avons constaté que le temps nécessaire pour obtenir cette invariabilité de vitesse d'écoulement est d'autant plus long que la température d'essai est plus basse : pour le cuivre par exemple, alors que l'écoulement constant est réalisé en 5 minutes environ à 400°, il faut plus d'une demi-heure à 150°, et, à la température ordinaire, nous avons dû faire des essais de 24 heures pour être tout à fait certains d'avoir un écoulement constant.

(1) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 661.

Nous avons d'autre part, dans les essais à température élevée, prolongé les expériences jusqu'à rupture de l'éprouvette; on observe, avant rupture, un relèvement de la courbe allongements-temps qui cesse d'être une droite pour tourner sa concavité vers les allongements positifs; ce phénomène, et par conséquent le moment où la vitesse d'écoulement cesse d'être constante, est d'autant plus vite atteint que l'effort exercé sur l'éprouvette est plus éloigné de la limite de viscosité. Nous avons tracé quelques courbes figurant les allongements en fonction des temps nécessaires à la rupture; elles ont une allure hyperbolique par rapport à l'axe des temps et à l'axe limite de viscosité.

Les alliages utilisés ont été les suivants : cuivre pur, laiton Cu = 80, Zn = 20, laiton Cu = 67, Zn = 33, laiton Cu = 60, Zn = 40 sans plomb, laiton Cu = 60, Zn = 40, Pb = 0,8, cupro-aluminium Cu = 90, Al = 10; ils ont été essayés chacun à 4, 5 ou 6 températures conformément aux indications du tableau; à chaque température, il a été déterminé en moyenne cinq vitesses d'écoulement pour cinq charges différentes et l'on en a déduit par interpolation la limite de viscosité.

Tableau des limites de viscosité (en kg/mm²).

	15°.	150°.	200°.	250°.	300°.	400°.	500°.	560°.	600°.	700°.
Cuivre......	7,3	5,7	–	4,4	–	1,5	–	–	–	–
Laiton 80,20.	31,0	–	18,5	–	9,2	4,5	1,8	–	–	–
» 67,33.	–	–	20,0	–	6,9	1,3	0,7	–	–	–
» 60,40.	31,0	–	12,5	–	4,7	0,7	0,5	–	–	–
» avec Pb.	–	–	11,7	–	3,4	0,5	<0,3	–	–	–
Cupro-Al....	–	–	–	22,0	–	5,6	4,7	3,4	1,8	1,4

Si l'on trace les courbes de limites de viscosité en fonction de la température, on obtient les mêmes allures de variation que pour les aciers, sauf toutefois pour le cuivre qui donne un abaissement sensiblement rectiligne quand la température s'élève. Ces courbes sont toujours notablement au-dessous de celles des charges de rupture usuelles. Dans les laitons, les charges limites de viscosité sont, à température égale, plus fortes pour le 67-33 que pour les 60-40, ce dernier avec plomb présentant les valeurs les plus faibles.

Nous avons très nettement observé, pour le cupro-aluminium, une anomalie de la courbe de viscosité correspondant au passage de l'eutectoïde.

Les essais se poursuivent sur alliage légers.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage spectrophotométrique des nitrites et des nitrates par le sulfate de diphénylamine.* Note [1] de MM. E. **Tassilly** et **R. Savoire**, présentée par M. Ch. Moureu.

Nous avons repris l'étude du dosage des nitrites et des nitrates par le sulfate de diphénylamine en utilisant la méthode spectrophotométrique.

Le réactif a été constitué par $0^{g},20$ de diphénylamine, purifiée par cristallisations répétées dans l'alcool, en solution dans un litre de SO^4H^2 pur à 66° B.

Pour obtenir la réaction colorée, on a introduit dans un petit ballon, 15^{cm^3} de réactif, et l'on y a laissé tomber lentement, goutte à goutte et en refroidissant sous un courant d'eau de façon à éviter l'élévation de température, 3^{cm^3} de la solution de nitrite de titre connu.

Ce mélange est versé dans l'une des cuves à faces parallèles du spectrophotomètre de Ch. Féry, l'autre cuve étant remplie avec 15^{cm^3} de réactif et 3^{cm^3} d'eau distillée.

On a tout d'abord recherché comment variait l'intensité de la coloration et, par suite, l'absorption en fonction du temps et suivant la région du spectre observée.

Cette étude nous a amenés à faire les mesures très exactement après 15 minutes de contact et à la division 32 du tambour, ce qui correspond à $\lambda = 0^{\mu},684$, région du spectre où l'on obtient le maximum de sensibilité.

Le tableau ci-dessous donne les chiffres d'une de nos séries de mesures.

N^2O^3 en milligrammes	0,1	0,5	1	2	5
Moyenne de trois lectures au vernier	0,5	2,9	7,5	16,9	>30

Dans les limites entre lesquelles nous avons opéré, la courbe d'absorption est sensiblement une droite.

Si nous considérons que l'erreur de lecture pour un opérateur exercé est au maximum d'une demi-division et que, d'autre part, le plus grand écart entre deux mesures a été de 1, 2, nous en déduisons que l'on peut faire des dosages à $\frac{1}{10}$ milligramme près. La méthode n'est pas appréciable pour des concentrations inférieures à $\frac{1}{10}$ de milligramme. Son emploi exige quelques précautions.

En premier lieu si l'on ne refroidit pas en faisant le mélange, comme on

(1) Séance du 8 novembre 1926.

l'a indiqué précédemment, les résultats pour des concentrations identiques cessent d'être concordants.

Le réactif se conserve dans un flacon rempli, un mois environ. Au bout de ce temps, il bleuit et sa sensibilité change; à l'usage on constate des erreurs par excès.

Il est donc préférable si l'on veut effectuer des mesures précises, d'employer un réactif récemment préparé, avec de l'acide sulfurique pur et de titre constant.

En voulant appliquer la méthode au dosage des nitrates, nous avons constaté, pour des concentrations identiques, des écarts dans les mesures, montrant que la réaction ne se produisait pas de façon régulière comme dans le cas des nitrites.

Nous avons pensé que la réaction colorée exigeait pour se produire la transformation préalable du nitrate en nitrite.

La coloration devient alors fonction de la vitesse avec laquelle la transformation s'effectue, et cette hypothèse permet d'expliquer l'inconstance des résultats obtenus.

Si donc on se place dans des conditions expérimentales amenant la destruction de l'acide nitreux, la réaction doit être négative. Pour le démontrer, nous avons eu recours aux expériences suivantes :

Dans un ballon de 50^{cm^3} on introduit 10^{cm^3} de SO^4H^2 pur puis $0^g,20$ d'urée et l'on y ajoute 3^{cm^3} d'une solution de nitrate de potassium (à $0^g,1$ de N^2O^5 pour 1000^{cm^3}) brutalement, de façon à provoquer une élévation de température et par suite la destruction de l'acide nitreux par l'urée. Après addition du réactif à la diphénylamine, le mélange demeure incolore.

En remplaçant le nitrate par du nitrite à $\frac{1}{1000}$ et en opérant dans les mêmes conditions, en présence d'urée, la coloration ne se produit pas.

Dans les deux cas des témoins exempts d'urée ont donné, toutes choses égales d'ailleurs, une coloration bleue.

Enfin nous avons constaté que si l'on effectue la réaction en ayant soin de refroidir, l'urée n'agit pas et la coloration se manifeste avec la même intensité que dans le témoin exempt d'urée.

Il en résulte que dans les conditions expérimentales adoptées, le sulfate de diphénylamine donne avec les nitrites une réaction régulière permettant son dosage, la coloration et par suite l'absorption étant, dans les limites indiquées, proportionnelles à la concentration, mais qu'il n'en est pas de même pour les nitrates qui n'obéissent pas à cette loi de proportionnalité en raison de l'hypothèse que nos expériences paraissent avoir vérifiée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Stéréochimie des dérivés éthyléniques.*
Note de M. **J.-A. Le Bel**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans une intéressante Note sur les dérivés de l'éthylène de la forme CHM = CM'M'', MM. Dufraisse et Gillet ([1]) en signalent un qui se présente sous trois formes isomériques. Or on sait que selon van't Hoff les quatre hydrogènes de l'éthylène maintenus en place par quatre pôles d'attraction forment un rectangle et qu'alors les corps de la formule ci-dessus ne fourniraient que deux isomères [isomères fumarique et maléique].

De mon côté, rejetant complètement l'hypothèse des pôles d'attraction, j'ai montré que les attractions ou répulsions réciproques des quatre hydrogènes ou des radicaux qui les remplacent peuvent suffire à maintenir la fixité de leurs positions relatives, c'est-à-dire l'équilibre intérieur de la molécule. Il en résulte que, suivant que ces radicaux sont plus ou moins volumineux l'équilibre peut être attractif ou répulsif; il doit même arriver pour certains dérivés que les deux genres d'équilibre soient réalisés, et alors l'équilibre attractif fournira deux isomères et le répulsif un troisième. Le corps étudié par MM. Dufraisse et Gillet est précisément dans ce cas et fournit une vérification remarquable de mes idées théoriques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'octadiine* 1,7.
Note ([2]) de MM. **Lespieau** et **Deluchat**, présentée par M. Moureu.

Avant les travaux effectués récemment par l'un de nous on ne connaissait comme carbures C^nH^{2n-6} deux fois acétyléniques vrais que le bipropargyle C^6H^6. Ces travaux ont permis d'isoler trois nouveaux carbures de cette sorte, ceux qui correspondent aux formules C^4H^2, $C^{11}H^{16}$ et $C^{16}H^{26}$. En vue d'obtenir un nouveau représentant de cette classe intéressante de corps, nous avons fait agir le butène-1 dibromé en 2 et 4 sur le magnésium en présence d'éther, avec la pensée qu'on obtiendrait ainsi une certaine quantité du composé

$$CH^2 = CBr - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CBr = CH^2$$

([1]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 746.
([2]) Séance du 8 novembre 1926.

lequel traité par la potasse alcoolique donnerait l'octadiine

$$CH \equiv C - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH^2 - C \equiv CH.$$

La réaction du magnésium sur le dibromobutène se poursuit régulièrement quand elle a été amorcée par la présence initiale d'un peu de bromure d'éthyle. Comme en outre du composé désiré il était probable qu'elle devait fournir une certaine quantité d'un dérivé magnésien mixte en C^4, en vue de tirer parti de ce dernier nous avons en fin d'opération ajouté au liquide de l'éther chlorométhylique. On a ensuite traité le tout par de l'eau additionnée d'acide chlorhydrique ou de chlorhydrate d'ammoniaque. Le reste de la manipulation a été conduit comme d'usage, ce qui a permis d'isoler deux composés définis :

1° Un produit bouillant à 63°5 sous 11^{mm}, ayant à 19° pour densité 1,3089 et pour indice (raie D) 1,474. Ces nombres permettent de penser qu'on est en présence de l'éther

$$CH^2 = CBr - CH^2 - CH^2 - CH^2 - OCH^3,$$

la réfraction moléculaire trouvée serait alors 38,44, la théorie voulant 38,85. Mais ce produit ayant été abandonné à lui-même pendant quelques mois n'a plus pu être analysé parce qu'il ne s'était pas conservé. Une nouvelle opération en a fourni un second échantillon, mais souillé cette fois par du bromure initial dont on n'a pu le séparer complètement; cependant on en a fait une cryoscopie qui a donné un nombre assez bon, 183.

Par contre le bromure $C^8H^{12}Br^2$ attendu, et qui s'était produit en effet, a pu être isolé et bien caractérisé. Il bout à 112°-114° sous 11^{mm}; à 15° sa densité égale 1,517 et son indice pour la raie D 1,525, d'où une réfraction moléculaire 54,14 la théorie voulant 53,89. On y a trouvé 60,20 de brome pour 100, il faut 59,70.

En l'attaquant par la potasse alcoolique en excès, on est arrivé au carbure C^8H^{10} objet de ce travail. C'est un liquide bouillant à 135°-136° sous la pression ordinaire, cristallisant quand on refroidit le tube qui le contient par immersion dans l'ammoniaque liquide. Il a à 21° pour densité 0,8169 et pour indice 1,453 d'où une réfraction moléculaire 35,07, la théorie voulant 35,14. On y a trouvé pour cent 89,58 de carbone et 9,68 d'hydrogène.

C'est bien un corps acétylénique, car il précipite en jaune le chlorure cuivreux ammoniacal, et deux fois acétylénique vrai, car avec le nitrate d'argent alcoolique il donne un précipité constitué par un dérivé diargen-

tique associé à deux molécules de nitrate d'argent

$$NO^3Ag, AgC \equiv C-(CH^2)^4-C \equiv CAg, NO^3Ag.$$

Abandonné quelques mois dans un tube à essai fermé par un bouchon de liège, ce carbure s'altère sans changer beaucoup d'aspect, et si alors on effectue son analyse, on y trouve des poids de carbone et d'hydrogène qui sont dans le même rapport que primitivement, mais dont le total fait 84,13 au lieu de 100. Une altération similaire a été constatée avec d'autres carbures acétyléniques conservés au laboratoire; l'interprétation la plus simple du fait, c'est qu'elle est due à une fixation de l'oxygène de l'air.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence, au nord-est de la Vanoise, de schistes assimilables à ceux du Flysch tertiaire.* Note [1] de M. E. **Raguin**, présentée par M. Pierre Termier.

Le rapprochement qui s'imposait, entre les terrains supérieurs du Briançonnais et de la Vanoise, du fait de l'existence de *Marbres en plaquettes* crétacés au pied du massif de la Grande Motte [2], peut être poussé plus loin si l'on considère les schistes superposés à ces marbres. Au nord du Col de la Leysse, au-dessus du Vallon du Paquier, en repos anormal sur le calcaire triasique, on a de bas en haut la série suivante :

1° Banc de quelques centimètres d'un calcaire incomplètement recristallisé, mêlé de zones argileuses, piqué de glaucophane souvent chloritisé. Les Foraminifères sont visibles dans la calcite ou dans l'argile; dans un lit chloriteux à ilménite intimement associé au calcaire, parmi les touffes de chlorite; enfin dans des plages séricìteuses criblées de sagénite. La tourmaline est très rare; magnétite et pyrite se voient çà et là; du feldspath néogène existe dans le même banc, à un autre gisement (Aiguille des Aimes).

2° Marbres chloriteux, sur plusieurs mètres. La calcite est recristallisée en entier; il s'est développé du feldspath, de la tourmaline, de l'épidote (celle-ci n'existe pas dans les *Marbres phylliteux* triasiques [3]. La phyllite,

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) E. Raguin, *Découverte d'une faune de Foraminifères très probablement crétacée dans les calcaires hautement métamorphiques du Vallon du Paquier près de la Grande Motte* (*Savoie*) (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 726).

(3) P. Termier, *Étude sur la constitution géologique du Massif de la Vanoise* (*Bull. des Serv. de la Carte géolog.*, **2**, 1890-1891, p. 367).

chlorite et séricite, souvent en très petites parcelles désordonnées, n'a pas subi l'intense recristallisation de celle des *Marbres phylliteux*.

3° Des schistes noirs ou verts succèdent avec des récurrences. Ils sont luisants, ardoisiers, constitués d'argile limpide souillée de matière noirâtre, sagénite très abondante, quartz, très petites parcelles ou fins écheveaux de séricite, touffes isolées de chlorite, prismes de tourmaline. Du feldspath néogène est associé à de la calcite en mosaïque, quelquefois présente.

Les termes 1, 2 se retrouvent dans le lapiaz du col de la Leysse, où ils suggérèrent à M. M. Gignoux (1) l'idée de les assimiler aux *Marbres en plaquettes*. Je n'y ai pas retrouvé de fossiles. Les termes 1 (fossilifère) et 3 se rencontrent à l'ouest du Col du Palet au pied de l'Aiguille des Aimes dans un synclinal où ils reposent sur du Jurassique. Enfin, près du Lac de Tignes, on voit, sous le gypse qui est à la base de la Nappe des *Schistes lustrés*, des schistes identiques au terme 3. En particulier, 1^{km} nord-nord-est de la Grande Balme et en prolongement des schistes supérieurs du Vallon du Paquier, ils contiennent des débris de tiges végétales brun rouille, en léger relief sur le schiste noir, sans aucune trace de feuilles. Tiges et ramifications ont de 5 à 2^{mm} de large, sans structure discernable sauf l'indication d'un axe creux sur certaines. D'après M. P.-H. Fritel qui a eu l'amabilité de les examiner, ces traces sont tout à fait analogues aux empreintes peu déterminables que l'on rapporte souvent aux *Chondrites*. Ces schistes sont associés à d'autres, plus grossiers, à petites caries ocres : c'est une fine arkose micacée ayant subi un début de recristallisation (quartz chevelu); le feldspath (orthose, albite) y est détritique en très grande majorité; un peu de microcline est peut-être néogène; les vides ferrugineux souvent rhombes paraissent dus à de la sidérose.

On ne peut confondre les assises 2, 3 avec les *Marbres phylliteux* de la Vanoise à cause du moindre métamorphisme des premiers, de la présence de végétaux et d'arkose. Quant au Permo-houiller, il n'affleure pas au voisinage et serait entièrement métamorphique. Par contre M. H. Schoeller m'a dit que ces échantillons ont même faciès lithologique que ceux du niveau à Fucoïdes qu'il a découvert dans le *Flysch* nummulitique de la Tarentaise (2), et où les empreintes, bien meilleures qu'ici, sont typiques.

---

(1) M. Gignoux, *Révision de la Feuille Saint-Jean-de-Maurienne au* 80000e (*Bull. des Serv. de la Carte géolog.*, 28, 1923-1924, p. 13).

(2) H. Schoeller, *Observations en Tarentaise* (*Bull. Soc. géolog. de France* 26, 1924; *Compte rendu sommaire*, p. 172).

La série du Vallon du Paquier rappelle les *Marbres en plaquettes* du Briançonnais et le *Flysch* superposé.

Dans ce dernier M. P. Termier [1] cite des schistes argileux noirs ou verts à sagénite, parfois psammitiques, et même une arkose à ciment calcaire. A cause de l'analogie frappante de la succession et malgré l'absence de fossiles déterminables avec précision, je pense que les schistes supérieurs du Vallon du Paquier sont un équivalent du *Flysch* nummulitique briançonnais. Toutefois le métamorphisme est ici plus avancé. Outre la recristallisation de calcite et quartz des *Marbres en plaquettes*, il y a : développement de tourmaline (inexistante dans le *Flysch* briançonnais et apparaissant dans les *Marbres en plaquettes* briançonnais les plus cristallins a la Cucumelle); présence de glaucophane locale et d'épidote fréquente; feldspaths néogènes (rares dans les *Marbres en plaquettes* ordinaires). Le développement croissant du métamorphisme entre Briançonnais et Vanoise, constaté ainsi pour les termes supérieurs, est parallèle à celui signalé depuis longtemps dans le Houiller, le Permien, le Trias.

GÉOLOGIE. — *Vraisemblance d'une analogie entre le bord alpino-dinarique et le bord pyrénéo-ibérique. Communauté d'origine des lacs alpins et des anciens lacs pyrénéens.* Note [2] de M. **Octave Mengel**, présentée par M. Pierre Termier.

Bord alpino-dinarique. — C'est la faille de charriage des Dinarides sur les Alpes. M. Termier l'a suivie et tracée au sud des Tauern et jusqu'à Edolo. Il supposait qu'à l'Ouest elle continuait par le val d'Aprica. Les coupes anciennes de Porro à travers les Alpes Bergamasques me firent penser qu'elle passait plus près de la crête Orobiche. J'ai fait, à cet effet, la traversée de Tirano à Vilminore par le col Belviso (2631^{m}). Après avoir coupé vers Aprica une série de micaschistes, quartzites et petits gneiss, bien lités, plongeant uniformément au Nord, j'ai rencontré au-dessous du col les poudingues indiqués par Porro au nord du P. Vena. Ce sont plutôt des brèches formées par trituration de micaschistes très veinés de quartz. Elles m'ont rappelé les brèches de contact des micaschistes de Cimavalle, sur le bord de la fenêtre qui marque le passage du bord alpino-dinarique

(1) P. Termier, *Les montagnes entre Briançon et Vallouise*. Paris, 1903, p. 42-45.
(2) Séance du 26 octobre 1926.

dans la région de Savone. Les pseudo-poudingues de Belviso sont en contact avec des psammites permiens également très bréchoïdes et très laminés. Ces deux brèches sont redressées et enchevêtrées. Mais bientôt le plongement reprend vers le Nord-Nord-Ouest. Après avoir franchi des grès à porphyre rouge, des quartzites, alternant avec des schistes rouges à empreintes végétales, on arrive au col sur des schistes noirs en plaquettes du muschelkalk qu'on voit, à la descente vers le Povo, reposer sur l'ensemble précédent, formant une large voûte dont l'axe est occupé par du porphyre vert. Ce porphyre s'observe dans le lit du Povo jusqu'au droit de Pianezza où il devient laminé et fissuré par l'effort orogénique qui a donné au confluent de la Dezzo une première de ces multiples fractures qui caractérisent les Dinarides. La faille alpino-dinarique passe donc entre le P. Torrena et le P. Gléno, d'où elle gagne le P. Toro. A partir de ce point Porro indique une faille jusqu'à Margno, où celle-ci met en contact le Trias moyen avec des gneiss à muscovite, qui, fait intéressant, semblent tenir la place des pseudo-poudingues. Or, sur la rive droite du lac de Côme, en face de Bellano, j'ai vu de vrais conglomérats, non encore signalés, subverticaux et très froissés entre quartzites prenant l'aspect de gneiss à muscovite (faux gneiss) et amphibolites sur lesquelles reposent en discordance les grès à porphyre du Trias, plongeant ici au Sud. D'ailleurs, plusieurs auteurs ont signalé, sans la préciser, une faille passant tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du point que je viens de repérer. De là, la faille gagnerait Manno où existent des conglomérats carbonifères? On rejoint ainsi la ligne Ivrée-Savone. Les plissements tertiaires alpins ayant vraisemblablement, comme ceux des Pyrénées, rejoué en partie, suivant les plissements hercyniens, il n'est pas anormal de voir le bord alpino-dinarique jalonné, par place, par les dépôts clastiques du Permo-Carbonifère. Au nord de cette surface de charriage se trouve la région de terrains primaires que M. Termier regarde comme la zone des racines des nappes des Alpes septentrionales.

Bord pyrénéo-ibérique. — Je dénomme ainsi, par analogie, le « grand accident sud pyrénéen » Amélie-les-Bains, Ribas, Gavarnie [1] sur lequel j'ai attiré l'attention [2]. Au Nord, il limite la voûte cristallo-phyllienne

---

[1] O. MENGEL, *Les tremblements de terre de novembre* 1920 *dans les Pyrénées, leur relation avec la Géotectonique* (*Ann. Inst. Phys. Globe*, 2e Partie : *Sismologie*, 1920, p. 39, Strasbourg, 1922).

[2] *Sur la tectonique du revers méridional du Canigou* (*Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 1347).

constituant l'axe des Pyrénées (¹) à laquelle fait suite, d'après la brillante synthèse de M. Léon Bertrand, un pays de nappes, avec métamorphisme, probablement en partie dynamique, qui s'est exercé, comme dans les Alpes, au moins jusque sur les dépôts du Crétacé supérieur. Au Sud, la scène change. Aux *plateurs* des nappes du « Vorland » septentrional et aux formes usées du cristallophyllien succède l'âpreté des profils déchiquetés des fronts successifs des nappes ibériques empilées à l'assaut de la voûte pyrénéenne. J'ai insisté également (²) sur l'*encapuchonnement* du Tertiaire par le Primaire. On retrouve là, mais avec une plus grande ampleur que dans les Alpes, la *Rückfaltung* de Suess. Ces rapprochements me permettent d'apporter ma contribution à la réponse à une question posée.

C'est entre le Bord pyrénéo-ibérique et le synclinal Mérens-Villefranche qu'il faut situer le lieu des racines des nappes des Pyrénées septentrionales.

Conception qui me donne enfin l'explication de l'îlot secondaire d'Amélie — racine de nappe — et des débris de stéphanien et de sénonien que j'ai signalés dans le Pliocène du versant nord-est du Canigou.

Lacs alpins et pyrénéens. — Les charriages pyrénéens ont précédé les charriages alpins. Le même décalage existe pour les mouvements épirogéniques dont j'ai indiqué les traces dans les Pyrénées et dont je viens de trouver, dans les Alpes, de nombreux témoins affectant la dernière glaciation (Schilpario, Bardello, Côme, Livo, etc.). L'érosion qui a suivi ces dernières manifestations orogéniques a donné des cônes de déjections actuellement éteints dont la fraîcheur (vallée de l'Adige en amont de Mérano) contraste avec la maturité et le démantèlement déjà avancé des cônes similaires des vallées pyrénéennes. C'est dans ces mouvements pléistocènes qu'il faut chercher la raison principale du barrage des vallées glaciaires alpines, d'où formation de lacs; même phénomène s'est produit dans les Pyrénées, mais avant la dernière glaciation dont les dépôts sont encore horizontaux. Les lacs pyrénéens comblés en partie par les apports de la dernière glaciation ont eu depuis tout le temps de se vider par usure de leur seuil.

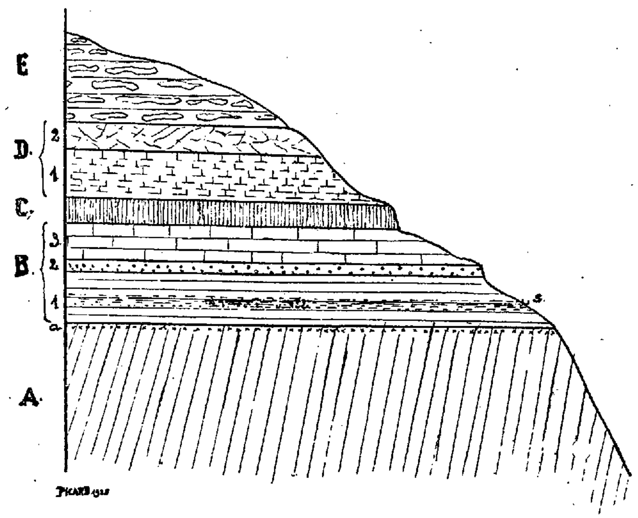
GÉOLOGIE. — *Sur le Cénomanien du Carmel (sud-est d'Haïfa).* Note de M. **L. Picard**, présentée par M. L. Mangin.

Malgré le voisinage d'Haïfa, le Carmel demeure à peu près inconnu. Böhm et Blanckenhorm (*Handb-peg-Geol. V.*) n'ont décrit que quelques formes cénoman-turoniennes du sud-ouest d'Ikzim et Sichron Jacof. Aux

(¹) *Le Canigou et la Maladetta pôles de l'axe des Pyrénées* (*Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 990).

(²) *Loc. cit.*

environs d'Haïfa, Nœtling a signalé et placé par erreur dans le Sénonien : *Protocardia moabitica* Lart. du Cénomanien-Vraconnien. A Haïfa même, Blanckenhorn (*Palaeontographica* 1925) décrit *Linthia* ? cf. *Fraasi* (Senon?), ces ? montrant bien l'incertitude de détermination de l'espèce et de l'âge. Enfin, en dehors de la carte d'ensemble de Blanckenhorn (¹) $\frac{1}{700000}$, aucune publication n'a paru relative à la région que j'ai explorée entre Esufija (altitude 536ᵐ) et Beled es Sheikh, au pied du Carmel (altitude 10ᵐ).



Coupe schématique du Mont Carmel.

A. — La pente nord-est du Carmel est formée à la base par un escarpement élevé de dolomie brun ou brun-gris, très peu fossilifère, avec des intercalations de bancs plus clairs et plus calcaires. Cette masse dolomitique se termine par environ 350ᵐ de couches, très rouges, très ferrugineuses (Aa) qui ont fourni *Pecten Shawi* Pv. B_1. — Au-dessus viennent 10 à 20ᵐ de calcaire blanc, crayeux, à *Orbitolina conica* Arch. (forme la plus petite). Dans la partie inférieure le calcaire devient argileux et retient l'unique nappe aquifère de cette région (niveau des sources S.). A ce niveau les « Wadi » s'élargissent nettement. B_2. — Petit escarpement de 1 à 2ᵐ de calcaire dur ou de dolomie contenant *Hemiaster batnensis* Coq. et pétri de gryphies (groupe de *Gr. vesicularis*) formant de véritables lumachelles que l'on trouve de nouveau à Esufija dans les niveaux inférieurs et supérieurs du « Meleke » (C). Avec B_2 commencent les couches les plus fossilifères. B_3. — Calcaire tendre, blanc, pur, d'une épaisseur de 15 à 20ᵐ. Dans une zone de dislocations de Wadi Falib (nord-ouest Beledes Sheikh 110ᵐ d'altitude), on peut signaler *Pecten Shawi*, *Discoidea cylindrica*, *Hemiaster*

(¹) Qui colorie comme Sénonien les hauteurs du Carmel (à peu près B-E de la coupe) et comme Cénomanien les couches inférieures (à peu près A de la coupe).

Saulcyanus et *batnensis* (petites formes), *Orbitolina* cf. *conica*, *Baculites* sp. C. — Escarpement de 10^m d'épaisseur très continu dans la région du Carmel, fournissant une pierre à bâtir « Meleke » très employée à Jérusalem. La partie inférieure est à grains fins et peu fossilifère. La partie supérieure est composée d'un calcaire cristallin, rosâtre avec *Rudistes* (marbre à Rudistes). Le « Meleke » est exploité dans le haut du Wadi Falib. D_1. — 20^m d'épaisseur. La partie inférieure comprend un calcaire légèrement marneux, très fossilifère contenant *Crioceras* sp. *Pecten Shawi* var. *atropha* Pv. On y retrouve des lumachelles de *Gryphæa* analogues à celles d'Esufija avec nombreuses *Orbitolina conica*. Les couches supérieures sont constituées par un calcaire dur, bien stratifié avec quelques rognons de silex où l'on trouve *Orb. conica*, *Turrillites Bergeri* Brg.; *Discoidea cylindrica* (fragment), *Hem. batnensis*, *Pecten Shawi* var. *bitropha* Pv., *Protocardia moabitica*. D_2. — 10-20^m d'épaisseur. Calcaire dur et gris, à fines inclusions de calcite. Des bancs de calcaire plus clair contiennent des restes de *poissons*, *Acanthoceras Newboldi* Kos., *Acanthoceras* sp. (jeune). E. — Calcaire crayeux et stratifié, contenant des lits de silex allongé et en rognons; à Ras es Zelekah on le voit sur plus de 100^m, il contient des grands *Cephalopodes* déroulés. D_2 et E constituent la partie la plus élevée du Carmel dans cette région.

En résumé, malgré que ne soit pas terminée la détermination des nombreux échantillons paléontologiques, il nous est déjà possible d'affirmer que la couche supérieure de Dolomie A*a* appartient déjà au Cénomanien. Au-dessus et jusqu'au sommet du Carmel, on rencontre une série des calcaires, tantôt marneux, tantôt cristallins ou à silex, qui se présentent en pente douce sur l'escarpement abrupte de la dolomie. Nous avons la certitude que la série A*a*-D_2, caractérisée par *Orbitolina conica, Discoidea cylindrica, Acanth. Newboldi,* etc., est d'âge cénomanien inférieur ou moyen, tandis que E appartient très probablement au Cénomanien moyen ou supérieur.

L'analogie de certains fossiles cénomaniens avec ceux du Sénonien est si remarquable que, faute de déterminations précises, on a confondu les deux formations. Exemple :

Hemiaster Fourneli Desh.	*Pecten quadricostatus* Sow.	*Ostrea vesicularis* Lam.	= Sénonien
Hemiaster Fourneli Lartet	(*Vola*) *Pecten quadricostatus* Coquand	*Ostrea vesicularis* Fraas	= Cénomanien.
Hem. Saulcyanus var. *batnensis* Blanckenhorn 1925	*Pecten Shawi* Pervinquière 1912	*O. vesicularis* race *vesiculosa* Fourtau 1917	= Noms actuels des types cénomaniens.

Certaines formes cénomaniennes persistent jusque dans le Sénonien; les caractères des formes sénoniennes sont cependant déjà assez spéciaux pour qu'on puisse les reconnaître. Mais les formes turoniennes intermédiaires

sont très difficiles sinon impossibles à déterminer avec précision. C'est probablement pour cela que l'on a pu mettre en évidence une faune turonienne caractéristique en Palestine. La cause pourrait en être dans la continuité et l'uniformité des conditions de sédimentation dans la Tethys, à ces époques.

Au point de vue tectonique, le Carmel présente une inclination générale des couches vers le Sud-Ouest. Mais près de Kishon, dans la région dolomitique, les couches présentent une flexure anticlinale et ensuite retombent assez vite (40°-60° vers le Nord-Est), pour s'enfoncer vers la plaine de Kishon (Nahr el Mukatta).

BOTANIQUE. — *Sur le rôle des péricarpes charnus.* Note (1) de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Un grand nombre de fruits (drupes, baies, etc.) possèdent un péricarpe charnu, épais et, généralement, sucré, qui entoure les graines et les isole du milieu ambiant. Au point de vue chimique, ces péricarpes, bien que riches en substances nutritives, semblent n'avoir aucun rôle, car, d'une part, si les fruits tombent à terre, ils pourrissent sans aucune utilité pour les graines qu'ils recouvrent, et, d'autre part, s'ils demeurent sur les plantes, ils se dessèchent à la longue et sont, alors, plus nuisibles qu'utiles aux graines, qu'ils empêchent de tomber sur le sol, seul endroit où elles peuvent remplir leur fonction. Ce point étant, semble-t-il, admis par tous les botanistes, on peut se demander si les péricarpes, inutiles au point de vue chimique, ne sont pas, dans une certaine mesure, utiles au point de vue purement physique.

Il m'a paru à cet égard intéressant d'étudier les variations de leur température avec celle du milieu ambiant et, en particulier, avec celle du soleil et de l'ombre, deux facteurs auxquels ils sont exposés tous les jours. Dans ce but, j'ai placé un thermomètre dans un certain nombre de fruits que j'ai exposés successivement d'abord au plein soleil, puis à l'ombre et dont j'ai noté la température centrale.

A titre d'exemple, voici les chiffres obtenus avec une poire (25^{cm} de long sur 20^{cm} de large) presque mûre exposée au soleil pendant une journée extrêmement lumineuse (en août 1926, dans la Haute-Savoie) [les tempéra-

(1) Séance du 8 novembre 1926.

tures entre crochets sont celles d'un autre thermomètre exposé, librement, en plein soleil] :

13h.15m	26°[34°]	13h.45m	35°[36°]
13.20	27[33]	13.50	36[37]
13.25	30[35]	13.55	37[35]
13.30	32[33]	14	37[35]
13.35	33[37]	14.15	38[38]
13.30	34[37]		

A ce moment la poire et le thermomètre libre sont placés à l'ombre, dans le même jardin, et l'on note les températures ci-après [celles entre crochets sont les températures données par le thermomètre libre] :

14h.20m	37°[30°]	15h	28°[24°]
14.25	35[27]	15.15	27[24]
14.30	33[26]	15.30	26[24]
14.35	32[25]	16	25[24]
14.40	31[25]	16.30	25[24]
14.45	30[24]	17.20	24[24]

De cette expérience on peut conclure : *a*. que la poire exposée au soleil a mis 1 heure à avoir la même température que celle du plein soleil ; *b*. que cette augmentation de chaleur s'est faite lentement et progressivement, sans suivre les variations de la température du soleil, laquelle change d'un moment à l'autre avec le passage d'un léger nuage, d'un vent plus ou moins fort, etc. ; *c*. que la température de la poire a mis environ 3 heures pour être égale à celle de l'ombre ; *d*. que, grâce au péricarpe, la poire a emmagasiné suffisamment de chaleur pour la conserver pendant approximativement 4 heures.

Des constatations analogues faites avec une pomme, une tomate, une prune ont donné des résultats du même ordre de grandeur, à quelques différences près, différences tenant vraisemblablement au volume des fruits expérimentés et à la température plus ou moins élevée du plein soleil, lors de l'expérience (il est évident que les chiffres relevés eussent été plus élevés si celles-ci avaient été faites avec des fruits très volumineux, par exemple des melons ou des citrouilles, exposés au soleil des régions tropicales).

J'ai fait des expériences analogues avec des fruits (bananes, citrons, etc.) exposés non à la chaleur du soleil mais à une chaleur artificielle (étuve) et, ce qui était presque évident *a priori*, les résultats ont été identiques.

On voit en résumé *que le péricarpe a pour effet, sinon pour rôle, d'emmagasiner la chaleur ambiante et de la conserver pendant un certain nombre d'heures, ce qui ne peut qu'être utile à la maturité des graines, qui, de la sorte, se trouvent placées, du fait de la présence du péricarpe, dans une véritable serre chaude* (¹).

CRYPTOGAMIE. — *Une nouvelle espèce de* Colaconema *sur* Asparagopsis hamifera *Okam.* Note (²) de M. E. **Chemin**, présentée par M. L. Mangin.

Asparagopsis hamifera Okam (= *Bonnemaisonia hamifera* Hariot), algue curieuse à bien des égards, n'était connue en France qu'à Cherbourg. Nous en avons ramassé de nombreux spécimens sur la côte nord du Finistère, à l'Aber-Vrach en août 1925 et à Brignogan en juillet 1926. Sur presque tous on pouvait observer à la surface des filaments rouges, sinueux rappelant les filaments de *Colaconema Bonnemaisoniæ* sur *Bonnemaisonia asparagoides* (³). Nous avons observé de semblables filaments sur des spécimens séchés d'*Asparagopsis* provenant de Cherbourg et qui nous ont été offerts par M. Corbière et Mlle Doublet.

De tous les auteurs qui ont écrit sur *Asparagopsis hamifera*, un seul, Buffham (⁴), a signalé incidemment ces filaments sans les décrire ni les figurer, c'est ce qui nous a incité à en faire une étude détaillée.

Chaque filament est formé d'une file de cellules de 6-8$^{\mu}$ de diamètre et 3 à 4 fois plus longues que larges (*fig.* 1); ils sont disposés entre les cel-

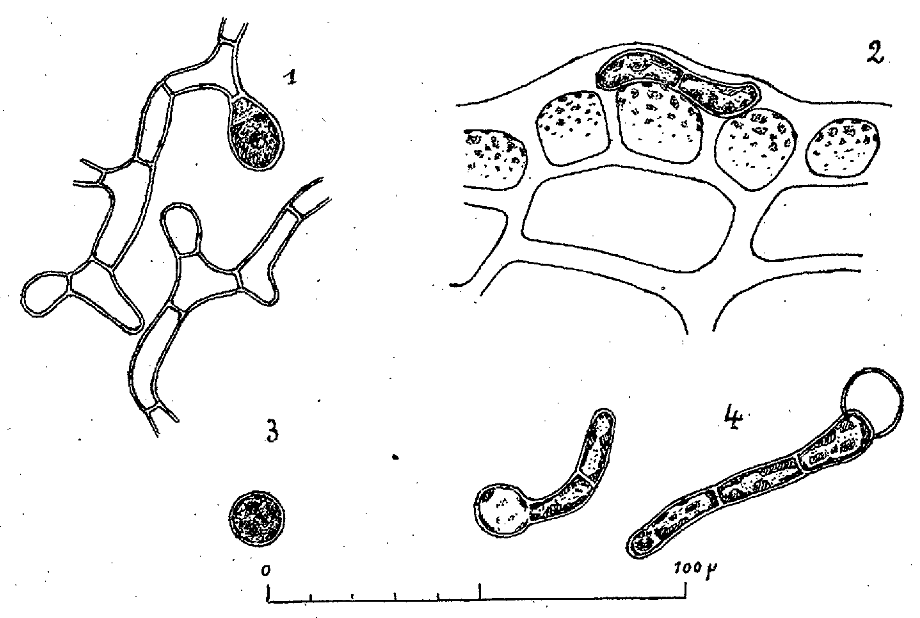
(¹) Cette conservation de la chaleur par les péricarpes charnus n'est, évidemment, pas particulière à eux seuls, mais aurait pu être constatée avec n'importe quel autre organe végétal; mais, comme je l'ai noté chez divers tubercules, avec une moins grande intensité. Cet état de choses est dû, sans doute, à la compacité des péricarpes, à leur organisation, à l'abondance et à la nature des substances constituant le contenu des cellules, à l'épiderme, muni d'un fort cuticule, qui les entoure, etc. Toutefois, il est à noter que, contrairement à ce que l'on serait tenté de croire, le sucre n'intervient pas dans la conservation de la chaleur; c'est ainsi, par exemple, que j'ai reconnu, *in vitro*, que des solutions de saccharose à 10, 20, 30, 40 pour 100 n'emmagasinent pas plus de chaleur que l'eau pure et se refroidissent aussi vite que celle-ci.

(²) Séance du 8 novembre 1926.

(³) E. Chemin, *Sur le développement des spores d'une Floridée endophyte : Colaconema Bonemaisoniæ* Batt. (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1561).

(⁴) T. H. Buffham, *On the Bonnemaisonia hamifera Hariot in Cornwall* (*The Journ. of the Queckett Microsc. Club*, 2ᵉ série, 6, 1896, p. 177).

lules superficielles de l'hôte dont ils épousent les contours. La plupart des cellules bourgeonnent latéralement, soit en leur milieu, soit au voisinage des extrémités, et chaque bourgeon est le point de départ d'une ramification. Les érythroplastes forment de larges plaques pariétales; un gros noyau médian apparaît dans chaque cellule après fixation et coloration. Les filaments sont inclus dans la membrane externe de l'hôte (*fig.* 2); exception-



Colaconema Asparagopsis nov. sp. — 1, deux filaments vus de face avec un sporange en formation; 2, coupe transversale d'*Asparagopsis*, avec filament de *Colaconema* inclus dans la membrane; 3, une spore détachée; 4, deux jeunes germinations.

nellement ils pénètrent légèrement dans la profondeur en suivant les cloisons radiales.

Ces filaments, nettement endophytiques, qu'on trouve sur les gros rameaux, sur les ramules, sur les crosses, comme sur les pseudocystocarpes, ne semblent exercer aucune action nuisible sur leur hôte. On peut les observer, avec leur couleur normale sur des fragments d'*Asparagopsis* verdis, et même blanchis, à la suite de blessures. La mort d'un des organismes ne semble donc pas altérer la vitalité de l'autre. Dans ces conditions peut-on parler de parasitisme au sens vrai du mot?

Certaines cellules terminales se renflent, deviennent rouge sombre sans jamais se cloisonner; ce sont les monosporanges (*fig.* 1). Parfois, mais le fait n'est pas constant, une cloison transversale isole à la base du mono-

sporange une petite cellule qui représente la cellule en forme de coupe que Batters considère comme caractéristique du genre *Colaconema*. Nous n'avons pas vu la sortie des spores. Mais lorsqu'on dépose des fragments d'*Asparagopsis* sur une lame de verre on peut voir le lendemain des spores rondes de 12$^{\mu}$ de diamètre moyen adhérentes à la lame (*fig.* 3). N'ayant jamais remarqué de sporanges vides, nous pensons que les spores se détachent avec leur membrane à la façon des spores de *Monospora pedicellata*. Elles germent facilement et leur développement est identique à celui que nous avons décrit chez *Colaconema Bonnemaisoniæ;* la spore donne un filament particulier en même temps qu'elle se vide de son contenu (*fig.* 4).

Cet endophyte appartient au genre *Colaconema* par sa forme filamenteuse, son développement à l'intérieur d'une membrane, et par ses monosporanges. Il se distingue de *C. Bonnemaisoniæ* par ses filaments plus larges, ses articles plus courts, un bourgeonnement latéral plus fréquent, et ses monosporanges plus gros, terminaux et jamais groupés. Ces différences ne peuvent s'expliquer par la forme du support car les cellules périphériques d'*Asparagopsis* et de *Bonnemaisonia* sont sensiblement de même taille et disposés de la même façon. Il s'agit donc d'une nouvelle espèce pour laquelle nous proposons le nom : *Colaconema Asparagopsis* avec la diagnose suivante :

Colaconema Asparagopsis, nov. sp. — *Filaments rouges inclus dans la membrane externe d'*Asparagopsis hamifera. *Articles de* 6-8$^{\mu}$ *de diamètre, 3 à 4 fois plus longs que larges, bourgeonnant latéralement. Monosporanges terminaux, isolés, de* 12$^{\mu}$ *de diamètre avec, parfois, une cellule en coupe à la base. Germination suivant le type filamenteux de Kylin.*

Hab. — *Côte nord du Finistère, Cherbourg, côte de Cornouailles (Angleterre).*

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papavéracées. Développement du proembryon chez le* Papaver Rhœas *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

Il est très aisé de suivre la marche des segmentations dans l'embryon du *Papaver Rhœas*. Elles se succèdent avec la plus grande régularité et, à toutes les étapes du développement, on peut déterminer, avec la plus grande exactitude, les analogies ou les différences que cette espèce présente avec celles qui ont déjà été examinées.

Les deux cellules, *ca* et *cb*, résultant du cloisonnement transversal de l'oospore

(*fig.* 1), se segmentent transversalement, la première, semble-t-il, un peu après la deuxième (*fig.* 2). Il se forme ainsi une tétrade de quatre éléments superposés *l*, *l'*, *m* et *ci* (*fig.* 3). Les éléments *l* et *l'* se partagent ensuite par des parois méridiennes; *m* et *ci* se divisent transversalement, mais un peu plus tard, de sorte que le proembryon reste assez longtemps composé de six cellules réparties en quatre étages (*fig.* 6).

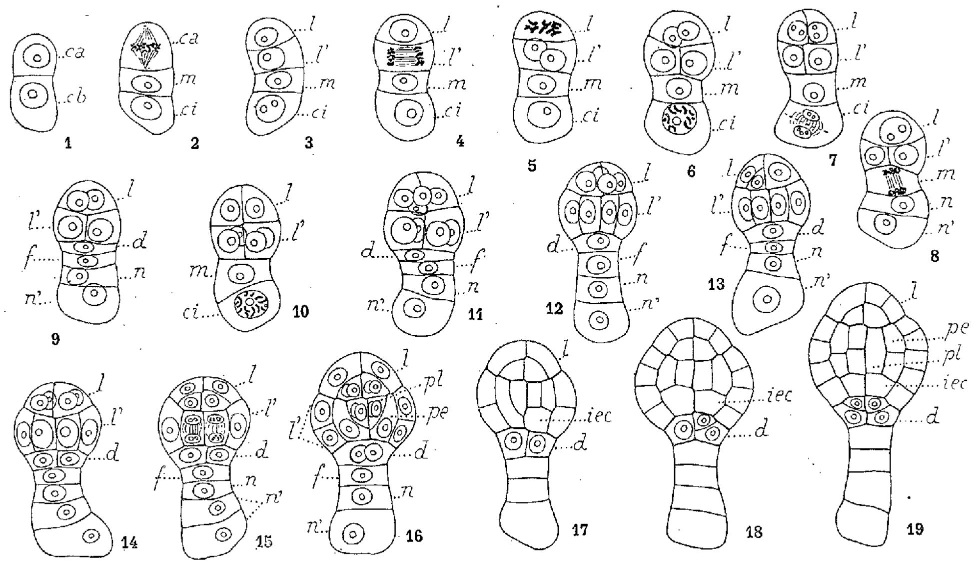


Fig. 1 à 19. — *Papaver Rhœas* L. — Les diverses étapes du développement du proembryon. *ca*, cellule apicale, et *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou les deux cellules inférieures de la tétrade; *l* et *l'*, cellules-filles de *ca*, cellules supérieures de la tétrade, plus tard, octants supérieurs et octants inférieurs; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *pl*, plérome; *pe*, périblème; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G. = 460.

Les deux cellules de l'étage *l'*, par deux nouvelles cloisons méridiennes, se séparent en quatre cellules circumaxiales représentant quatre octants inférieurs (*fig.* 10, 11); les deux cellules de l'étage *l* subissent peu après des divisions semblables et donnent naissance à quatre cellules correspondant à quatre octants supérieurs. A ce stade, les deux cellules inférieures de la tétrade *m* et *ci* se sont définitivement segmentées pour donner quatre éléments superposés *d*, *f*, *n* et *n'*; le proembryon se montre ainsi dodécacellulaire et composé de six étages (*fig.* 11).

Les octants inférieurs se divisent tangentiellement et séparent extérieurement les premiers éléments du dermatogène. Les quatre cellules intérieures se segmentent parfois transversalement (*fig.* 15 et 17 à droite) pour donner deux groupes de cellules superposées : le groupe inférieur constitue les initiales de l'écorce de la racine; aux dépens du groupe supérieur, par formation de parois périclines, se différencient les éléments primordiaux du plérome et du périblème. Mais, le plus généralement, les quatre cellules intérieures se segmentent par des cloisons obliques prenant insertion sur la paroi horizontale supérieure et sur les parois méridiennes; ainsi, il se constitue

dans chacune d'elles deux cellules très dissemblables de forme et de dimensions, l'une plus petite, d'aspect triangulaire, occupe l'angle supérieur interne de la cellule-mère, l'autre plus grande, de section irrégulièrement pentagonale, extérieurement placée par rapport à sa sœur, isole cette dernière, à la fois du dermatogène et des cellules originaires de *d* (*fig.* 16); la première de ces deux cellules représente le premier élément du plérome, la deuxième la première cellule du périblème. Une cloison horizontale dans cette dernière sépare vers le bas l'initiale de l'écorce de la racine.

Dans les octants supérieurs, les premières parois sont également tangentielles et le dermatogène se trouve d'emblée individualisé. Dans la cellule *d* (*fig.* 13 à 19), deux cloisons cruciales donnent successivement deux, puis quatre cellules juxtaposées, qui se cloisonnent ensuite tangentiellement pour engendrer la portion médiane de la coiffe.

Comme on peut s'en rendre compte, les lois qui président au développement du proembryon chez le *Papaver Rhœas* sont semblables à celles qui ont été déjà observées chez les *Nicotiana* ([1]). Dans les deux cas, les éléments du proembryon tétra-, hexa-, dodécacellulaire prennent naissance de manière identique et se disposent pareillement. La cellule apicale paraît néanmoins entrer en division après la cellule basale et les deux histogènes internes, au niveau de l'étage *l'*, se séparent généralement selon un mode qui constitue un caractère tout nouveau et bien particulier du proembryon du Coquelicot.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur l'existence de l'iode libre chez* Falkenbergia Doubletii *Sauv.* Note ([2]) de MM. **E. Chemin** et **R. Legendre**, présentée par M. M. Molliard.

M. Sauvageau vient de décrire ([3]) sous le nom de *Falkenbergia Doubletii* une petite Floridée, observée seulement à Guéthary et à Cherbourg, qu'il considère comme introduite récemment en France.

L'un de nous l'a récoltée en août aux environs de Brest et en septembre aux îles Glénans.

([1]) R. Souèges, *Embryogénie des Solanacées. Développement de l'embryon chez les* Nicotiana (*Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1125); *Recherches sur l'embryogénie dee Solanacées* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, **69**, 1922, p. 163).

([2]) Séance du 18 octobre 1926.

([3]) C. Sauvageau, *Sur une Floridée* (Polysiphonia Doubletii mscr.) *renfermant de l'iode à l'état libre* (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 293). *Sur quelques Algues Floridées renfermant de l'iode à l'état libre* (*Bull. St. biol. Arcachon*, **22**, 1925, p. 5-45).

M. Sauvageau a signalé que cette Algue contient de l'iode à l'état libre, dans le suc cellulaire et dans des vacuoles spéciales auxquelles il a donné le nom d'ioduques.

Nous avons utilisé les nombreux échantillons récoltés aux Glénans le 23 septembre dernier, mis immédiatement dans l'eau de mer et examinés le lendemain et le surlendemain en parfait état de fraîcheur au Laboratoire de Concarneau, pour y rechercher l'iode libre au moyen des réactifs classiques de cette substance.

Voici les observations faites avec l'empois d'amidon :

1. Des touffes de *Falkenbergia* mises dans un tube à essai avec de l'empois ne colorent pas le liquide en bleu.

2. Des filaments placés sous le microscope, en chambre humide ([1]), en présence d'empois, ne produisent aucune coloration, soit qu'on les observe directement au sortir de l'eau de mer, ou après essorage, ou après lavage abondant à l'eau douce, ou après hachage au moyen de ciseaux fins, ou encore après broyage au mortier avec ou sans sable pour briser les parois cellulaires et mettre en liberté le suc et les plastes. Aucune coloration n'est apparue après plusieurs heures, ni même deux jours plus tard, alors que la préparation se dessèche.

3. Il suffit de faire pénétrer dans l'empois, entre lame et lamelle, un peu d'acide chlorhydrique pour qu'après une dizaine de minutes une coloration bleue intense apparaisse au niveau de chaque cellule, puis forme graduellement autour de chaque filament un large manchon. La couleur disparaît par chauffage et reparaît par refroidissement. Elle persiste alors même que, deux jours plus tard, la préparation se dessèche.

Quand on suit au microscope le bleuissement par action de l'acide, on voit d'abord les plastes périphériques des cellules s'altérer en même temps qu'un mince anneau bleu se dessine autour de la région médiane de chaque article; puis les bagues de couleur s'élargissent, fusionnent et deviennent un chapelet continu entourant chaque filament, plus mince au niveau des cloisons transversales, plus épais au milieu des cellules où sont les ioduques. Ceux-ci conservent longtemps leur forme et leur couleur brune; ils ne s'altèrent que lorsque la cellule se contracte et se désorganise.

L'extrémité des filaments ne bleuit pas; les derniers articles (9 à 24 dans nos préparations) ne laissent sortir aucune trace d'iode, bien que la plupart aient des ioduques développés et que leur contenu cellulaire s'altère par l'acide.

4. L'acide acétique provoque le dégagement d'iode. L'acide carbonique a la même action, quand on sature l'empois de gaz carbonique avant d'y placer les rameaux d'algue. Avec des acides plus faibles que l'acide chlorhydrique, la coloration bleue apparaît avec la même vitesse, présente la même étendue et les mêmes caractères, bien que les altérations cellulaires soient plus lentes et plus faibles et que les ioduques

---

([1]) R. Legendre, *Simple tour de main pour obtenir une chambre humide microscopique* (*C. R. Soc. Biol.*, 76, 1914, p. 265).

conservent très longtemps leur aspect normal et leur couleur brune. L'écrasement, le broyage ne modifient pas la sortie d'iode provoquée par les acides.

5. M. Sauvageau a signalé que les algues à ioduques colorent parfois le papier sur lequel on les étale pour les sécher. Avec *Falkenbergia*, nous avons vu que le papier bleuit quelquefois après égouttement de l'eau de mer et plus sûrement quand on écrase l'algue avec l'ongle. Nous avons vérifié que ce papier bleuit fortement quand on le mouille d'une solution d'iode ou d'une goutte d'iodure de potassium additionnée d'acide chlorhydrique, faiblement quand on emploie l'acide acétique. De plus, nous avons cherché, en y déposant des gouttes de divers colorants employés en ionimétrie, son pH approximatif et nous l'avons trouvé voisin de 5,2, ce qui peut être dû aux opérations de blanchiment qu'il a subies.

De cette série d'essais rapides, il nous paraît résulter que les exemplaires de *Falkenbergia Doubletii* étudiés par nous ne dégagent pas d'iode libre, puisqu'on n'en peut révéler ni autour des rameaux intacts ni dans les cellules déchirées ou broyées. L'iode n'y est pas non plus à l'état d'iodures puisqu'il est déplacé par un acide aussi faible que l'acide carbonique. Il faut donc admettre qu'il est à l'état de composé labile, d'où il se libère par une acidification, même légère, telle que peuvent la provoquer certains papiers d'herbiers ou un courant de gaz carbonique. Les jeunes cellules des extrémités des rameaux, bien que déjà pourvues d'un ioduque, ne renferment pas encore ce composé iodé labile.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la montée à graine de la Betterave la première année.* Note de M. **O. Munerati** (1), présentée par M. Molliard.

Est-il possible de déterminer *a priori* si une graine de betterave a tendance à donner d'une manière exagérée des sujets montant à graine la première année ?

Deux faits sont déjà nettement établis :

1° Lorsqu'une race (ou biotype) de betterave a un équilibre déplacé vers l'annualité, elle manifeste une forte tendance à monter à graine la première année, même si l'on sème à la fin du printemps, c'est-à-dire lorsqu'on n'a plus à craindre les arrêts de végétation. (On sait que ceux-ci sont la cause principale de ce phénomène dans les cultures normales.)

2° Une graine de betterave ordinaire à cycle normalement bisannuel,

(1) Voir également O. Munerati, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 604.

semée en hiver dans une serre à une température élevée (de 20° à 30° C.), et soumise à un puissant éclairage artificiel en complément de la lumière du jour, donne lieu, *sans arrêt de végétation*, à un nombre considérable de sujets montant à graine dans une période assez courte (moins de deux mois à partir du semis).

L'examen de ces deux faits nous a porté à nous demander si le phénomène de la montée à graine la première année ne se manifesterait pas encore plus fortement chez des types ayant un équilibre déjà déplacé vers l'annualité, si on les faisait végéter en hiver dans une serre à température élevée avec un éclairage artificiel durant la nuit.

Pour le vérifier, nous avons semé le 25 janvier de cette année pour un premier essai comparatif :

a. Des graines d'un type normal qui s'étaient déjà précédemment révélées presque réfractaires à la montée à graine la première année dans les conditions ordinaires de culture;

b. Des graines d'un type normal mais qui avaient manifesté une certaine tendance à donner, dans les mêmes conditions de culture que le type *a*, des sujets montant la première année;

c. Des graines d'un type dont la tendance à monter à graine s'était déjà révélée d'une manière remarquable, même avec des semis tardifs, dans des conditions de culture ordinaires.

La levée fut régulière dans tous les cas et les plantules présentaient des cotylédons bien ouverts dès le septième jour après le semis.

La première apparition des tiges a eu lieu le 3 mars dans le type *c*. Successivement quelques sujets avec tendance à monter à graine se sont montrés dans les autres types avec une dégradation très nette du type *c* aux types *b* et *a*. On a arraché peu à peu les sujets « annuels » pour éviter que par leur ombrage ils ne portent obstacle au développement des sujets normaux.

Le 31 mars, date à laquelle ce petit essai a été terminé, on a enregistré les résultats suivants :

	Sujets montés à graine.	Sujets non montés.	Pourcentage des montés.
Type *a*....................	9	171	5
Type *b*....................	33	165	17
Type *c*....................	187	42	82

Il faut noter que le type *c* a manifesté une certaine tendance à monter à graine dans une autre serre dans laquelle il n'y avait pas d'éclairage pen-

dant la nuit, ce qui prouve que lorsque l'équilibre d'une betterave est décidément vers l'annualité, la tendance à monter se manifeste même dans les conditions de simple culture forcée.

Bien qu'on ne veuille attribuer à cette expérience qu'une simple valeur d'orientation, il en résulte qu'il est possible de vérifier en plein hiver si un type de graine de betterave a une tendance exagérée à donner des sujets montant à graine la première année en culture ordinaire.

Il serait utile de vérifier s'il est possible d'utiliser ces observations dans le domaine de la pratique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hérédité intermittente chez le Topinambour.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans une précédente Note [1], j'ai montré que, à la suite de son greffage sur Soleil annuel en 1921, année sèche et chaude, le Topinambour produisit simultanément des tubercules aériens et 36 graines, bien qu'il soit normalement stérile sous notre climat armoricain. Celles-ci, semées en 1922, fournirent 14 jeunes plantes différant par la forme et le coloris des tubercules et des feuilles, les dimensions et le nombre des fleurs, etc. Six des plus différentes furent multipliées en 1923; deux seulement donnèrent à la fois des tubercules aériens et des tubercules souterrains. Aucune ne fructifia.

L'une de ces dernières variétés, l'*Helianthus tuberosus Dangeardi* (*fig.* 2 de la Note ci-dessus citée), a depuis porté tous les ans des tubercules aériens à la suite de sa multiplication végétative, mais il n'a pas donné de graines. L'hérédité s'est donc révélée *continue* pour le caractère tuberculisation aérienne et *transitoire* pour le caractère graines. L'autre, l'*Helianthus dauciformis* (*fig.* 1 de la même Note) n'a fourni ni tubercules aériens ni graines.

J'ai continué à propager ces deux types par tubercules et en même temps je les ai de nouveau chaque année greffés sur le Soleil annuel, dans le but de faire réapparaître les caractères disparus. Or cette année, à la suite d'un été et d'un début d'automne secs et chauds comme en 1921, j'ai constaté un réveil très net de ces caractères. L'*Helianthus Dangeardi* a fourni à la fois des tubercules aériens et des graines, mais en quantité plus grande chez les

[1] Lucien Daniel, *Hérédité d'un caractère acquis par greffe chez le Topinambour* (*Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1449).

exemplaires greffés. Sur quelques hypobiotes, quelques tubercules aériens faisaient saillie au-dessous du bourrelet : c'est un nouvel exemple des croissances par entraînement que j'ai déjà signalées chez cette espèce et dans d'autres greffes (hybrides de greffe).

Chez l'*Helianthus dauciformis*, 6 pieds sur 18 ont redonné des tubercules aériens au nombre de 1, 2, 6, 12, 18 et 29 suivant les individus. Les capitules de ces Topinambours non greffés contenaient un certain nombre de graines; celles-ci étaient environ six fois plus nombreuses chez les épibiotes placés sur Soleil, démontrant ainsi que le greffage était bien le principal agent du réveil constaté tant dans la tuberculisation aérienne que dans la fertilité. Sur sept individus greffés, j'ai récolté 3100 graines cette année au lieu de 36 comme en 1921.

Ces résultats nous montrent l'existence d'un mode particulier d'hérédité acquise chez le Topinambour greffé, coexistant avec l'*hérédité continue* et l'*hérédité transitoire*. Dans ce cas, elle se manifeste à la suite de périodes de latence chez les exemplaires propagés par multiplication végétative. On peut lui donner le nom d'*hérédité intermittente*. On doit remarquer que les conditions de milieu (sécheresse et greffage) ont agi, comme en 1921, en concordance, et que les témoins, provenant de la variété primitive n'ayant subi aucun greffage, ne possédaient ni graines ni tubercules aériens.

L'hérédité intermittente offre de l'analogie avec ce qu'on a désigné sous les noms d'atavisme et de réversion chez les êtres se reproduisant sexuellement, mais elle en diffère parce qu'elle se manifeste chez des êtres provenant exclusivement d'une multiplication végétative. Elle permet de comprendre l'origine des sports ou variations par bourgeons restés jusqu'ici sans explication. Il est très probable qu'ils se sont produits à la suite d'un changement de milieu suivi d'une période de latence trop longue pour qu'on ait pu, comme chez mes Topinambours, observer la relation entre la variation primitive et son réveil.

Les caractères latents ainsi réapparus, accentués par des greffages répétés, se maintiendront-ils désormais constants ou disparaîtront-ils pour se montrer à nouveau à des intervalles réguliers ou irréguliers? S'efface-ront-ils, au contraire, définitivement, soit de suite, soit au bout d'un temps plus ou moins long? Quels seront les résultats du semis des milliers de graines récoltées sur mes Topinambours nouveaux non greffés ou greffés sur le Soleil annuel, plante remarquablement fertile? C'est ce que j'espère pouvoir élucider par la suite.

Quels que soient les résultats futurs, l'hérédité intermittente et l'accen-

tuation de l'hérédité en général par greffages répétés intéressent à la fois la biologie et la pratique, et il est inutile d'en souligner l'importance.

M. **P.-A. Dangeard**, en présentant cette Note, ajoute qu'il a eu l'occasion, le 12 novembre dernier, de visiter les cultures de M. Lucien Daniel et qu'il a pu recueillir lui-même un assez grand nombre de ces graines provenant de ce nouveau mode d'hérédité dite *intermittente*.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la submersion sur le mode de développement d'une Mousse* : Aulacomnium androgynum *Schw.* Note (¹) de M. **Adrien Davy de Virville**, présentée par M. M. Molliard.

L'*Aulacomnium androgynum* est une Mousse qui offre la particularité de se reproduire presque toujours asexuellement dans les conditions naturelles. En effet les tiges feuillées, au lieu de se terminer par une capsule issue d'une oosphère fécondée par un anthérozoïde, portent ordinairement des propagules groupées en tête à l'extrémité d'un pédoncule dont la longueur est très variable puisqu'elle est comprise entre $0^{cm},2$ et 1^{cm} environ. Lorsque ces propagules sont arrivés à maturité, ils se détachent, tombent sur le sol et germent, si l'humidité est suffisante, en donnant une nouvelle tige feuillée propagulifère, et le même cycle recommence.

Or, si l'on oblige expérimentalement cette Mousse naturellement aérienne à se développer dans l'eau, on voit, au bout d'une dizaine de jours, se développer, tout autour du paquet de propagules qui termine la tige, une houppe de filaments verts, radiés, qui ne sont autres que le début d'un protonéma résultant de la germination sur place des propagules ainsi submergés. Ces filaments croissent d'abord assez rapidement et, au bout de quinze jours à trois semaines, leur taille atteint $0^{cm},3$ en moyenne. Puis leur développement se ralentit un peu, ils se ramifient assez régulièrement et parfois même quelques-uns se détachent et viennent nager dans l'eau. Mais presque toujours ils restent attachés à la plante-mère. Enfin, au bout de quelques mois, on peut voir qu'ils présentent, de place en place, des bourgeons qui donnent naissance à de nouvelles tiges feuillées, très différentes, par leurs feuilles au moins moitié plus petites et trois fois plus espacées et leurs cellules à membranes très minces, des tiges feuillées aériennes nor-

(¹) Séance du 8 novembre 1926.

males, mais très semblables à celles qui se développent dans l'eau, directement à partir de la plante-mère.

Dans mes cultures, qui datent de près de 6 mois, les filaments protonémiques atteignent au moins 3^{cm} de longueur et les tiges feuillées auxquelles ils ont donné naissance mesurent de $0^{cm},5$ à 1^{cm}. On sait que la taille normale des tiges est de $0^{cm},5$ à 3 ou 4^{cm} en moyenne.

D'autre part, si on place cette Mousse en atmosphère saturée, on voit que les propagules peuvent également germer sur place, mais, dans ce cas, le développement est beaucoup plus lent. Au bout d'un mois, la longueur du protonéma n'est guère que de $0^{cm},1$ à $0^{cm},15$. Les cellules sont un peu plus courtes; la membrane brunit, au lieu de rester incolore, les filaments, surtout, sont très irréguliers et portent, çà et là, des renflements analogues à ceux qui ont été décrits d'abord par Becquerel, puis par Servettaz dans leurs recherches sur les protonémas en culture pure. Mais je n'ai jamais constaté la formation de nouvelles tiges feuillées, à partir du protonéma, dans ces conditions.

Ces observations expérimentales sont intéressantes à divers égards. On constate d'abord que le milieu aquatique est nettement favorable au développement du protonéma, puisque, chez cette espèce, on obtient ainsi la germination, sur place, des propagules [1], ce qui ne se produit jamais dans la nature. Ensuite on peut voir, dans ce cas, que le milieu modifie non seulement la forme de la plante, mais encore son mode de développement puisque nous voyons ainsi les divers stades du gamétophyte greffés morphologiquement — sinon physiologiquement — les uns sur les autres. Enfin cette formation de nouvelles tiges feuillées sur le protonéma, dans l'eau, montre suffisamment que le milieu aquatique, tout à fait anormal pour cette espèce plutôt xérophyle, n'en est pas moins favorable à son développement et même à son extension.

---

(1) Ce fait est à rapprocher de celui que M. Beauverie a déjà constaté (en 1897) dans ses intéressantes recherches sur la morphologie expérimentale des Hépatiques. Il signale en effet qu'à la température constante de 24°, en lumière très atténuée et en atmosphère saturée, les propagules de *Lunularia vulgaris* Mich. germent dans leurs corbeilles.

PHYSIOLOGIE. — *Essai de détermination de la réfraction statique de l'œil du chien et du chat.* Note de MM. **J. Dubar** et **G. Thieulin**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons voulu nous rendre compte de l'état de réfraction des yeux du chien et du chat en employant la méthode objective de l'ombre pupillaire de Cuignet ou skiascopie. L'opérateur, armé d'un miroir plan, se plaçant à 1^m de l'animal observé, suit la marche de l'ombre dans la pupille, tandis qu'un aide place successivement devant l'œil les verres correcteurs concaves ou convexes qui établissent l'emmétropie.

En 1909, Boden (1), dans un travail dont nous n'avons eu connaissance qu'à la suite de nos essais, avait étudié la réfraction de l'œil du chien au moyen d'une méthode toute différente, la méthode de Schmidt-Rimpler, basée sur le principe de l'ophtalmoscopie à l'image renversée ; il avait trouvé constamment une myopie plus ou moins marquée, à tel point qu'il était allé jusqu'à la considérer comme l'état de réfraction normale et à l'appeler « emmétropie de l'œil du chien ». Nous n'avons personnellement constaté cette amétropie que dans une proportion inférieure à 50 pour 100 des cas, et encore en y comprenant de nombreux sujets si faiblement myopes qu'ils peuvent être considérés comme pratiquement emmétropes.

Nous avons examiné 106 chiens et 20 chats, et voici, résumé, l'ensemble de nos observations en un tableau donnant le nombre de cas correspondant à chaque degré de réfraction. Les chiffres tiennent compte de la correction opérée pour ramener à l'infini la valeur obtenue en opérant à la distance de 1^m.

Ce relevé montre immédiatement la prédominance des yeux emmétropes parmi lesquels on peut ranger les degrés d'amétropies les plus voisins, car il paraît justifié, pour ces yeux à système optique moins précis que le nôtre et mal diaphragmés par une pupille généralement plus dilatée, de faire rentrer, en pratique, dans la même catégorie de zoologiquement emmétropes, les amétropies légères ne dépassant pas la demi-dioptrie.

L'astigmatisme, qui nous a paru rare chez le chien, est exceptionnel chez le chat, quoi qu'ait pu faire penser la forme en fuseau très allongé de sa

(1) Rudolf Boden, *Ueber der Refraktionszustand des Hundeauges* (*Arch. für vergleichende Ophtalmologie,* **21**, 1909, p. 192 à 241).

pupille. L'observation des chats ne porte que sur 20 individus, mais le peu d'écart entre les résultats obtenus nous permet de croire que nos recherches ultérieures n'apporteront pas de changement notable dans notre statistique.

Chien.

Réfractions sphériques en dioptries.	Nombre de cas pour 100.
+2	1
+1,50	1
+1	4
+0,50	12
Emmétropes	29
—0,50	19
—1	6
—1,50	7
—2	3
—2,50	5
—3	—
—3,50	1
—4	—
—4,50	1

Astigmies.	Nombre de cas pour 100.
A. hypermétropique composé	3
A. hypermétropique simple	—
A. mixte	—
A. myopique simple	3
A. myopique composé	5

Chat.

Réfractions sphériques en dioptries.	Nombre de cas.	%.
+0,50	4	20
Emmétropes	6	30
—0,50	5	25
—1	2	10
—1,50	2	10

Astigmies.	Nombre de cas.	%.
A. hypermétropique composé	1	5

Ce n'est pas le lieu d'insister sur les nombreuses causes d'erreur inhérentes à une pareille étude, dont le degré de précision ne peut prétendre, à notre avis, à dépasser la demi-dioptrie. En dehors des mouvements de l'animal, des mouvements de ses globes oculaires, de la distance à laquelle les poils tactiles obligent à tenir le verre, de la difficulté qu'il y a à connaître exactement la direction de l'axe visuel, il faut tenir compte du jeu de son accommodation, qui explique, sans doute, certains des cas de myopie

que nous avons rencontrés chez de jeunes chiens. Cette amplitude accommodative paraît être d'ailleurs inférieure à celle de l'homme, comme nous avons pu le constater au cours d'essais préliminaires que nous poursuivons.

En somme, il semble bien que la réfraction normale de l'œil du chien et du chat soit l'emmétropie, d'autant que, comme pour les autres animaux domestiques, on peut pratiquement la considérer comme telle dès qu'elle est voisine de l'emmétropie exacte : la rétine du chien ne paraît pas constituée de manière à pouvoir utiliser la netteté d'image donnée par une réfraction très précise, tandis que celle du chat, déjà plus perfectionnée, reçoit sans doute des images meilleures d'un système optique plus régulier.

ZOOLOGIE. — *Sur un mode de reproduction asexuée chez un Hydraire de la famille des* Tubularidæ. Note [1] de Mme **Marguerite Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

On connaît de multiples modes de reproduction asexuée chez les Hydraires. Nous en avons observé un nouveau qu'il nous a semblé intéressant de faire connaître [2].

L'hydraire, recueilli dans un bac de l'aquarium de Roscoff, paraît devoir se rapporter au genre *Tubularia* et constituer une espèce nouvelle qui sera ultérieurement décrite. Il se compose d'un hydrocaule (non ramifié, sauf dans des cas très rares) terminé par un hydranthe. L'hydrocaule adulte mesure de 10 à 25^{mm} de long sur $0^{mm},16$ de large. L'hydranthe atteint une longueur de $0^{mm},66$; il possède 8 à 12 tentacules proximaux ($1^{mm},10$) et généralement 5 distaux ($0^{mm},15$).

Pendant toute la durée des observations, les hydraires ont été cultivés dans de petits cristallisoirs, à une température d'environ 20°, à l'obscurité. L'eau de mer était renouvelée chaque jour et les hydranthes étaient régulièrement nourris avec des Copépodes (*Idya*). Dans ces conditions, nous avons observé les phénomènes suivants.

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) L'hydraire observé se multiplie en outre par ramifications (d'ailleurs exceptionnelles) et par rameaux stoloniques, qui, nés perpendiculairement à l'hydrocaule, se détachent, puis se fixent et donnent naissance à un nouvel hydranthe.

Le 10 août, un hydranthe se détacha de l'hydrocaule, n'entraînant avec lui aucune fraction de ce dernier. Deux jours après, l'hydranthe ainsi libéré était fixé au fond du cristallisoir. Le lendemain, un hydrocaule commença à se former. Pendant une quinzaine de jours, ce nouvel hydrocaule s'allongea jusqu'à atteindre la taille maximum normale. Ce temps écoulé, l'hydranthe tomba à nouveau, mena une vie libre pendant 16 jours, puis se fixa pour donner naissance à un nouvel individu par poussée de l'hydrocaule. Tombé ensuite pour la troisième fois, quelque temps après, il entra assez rapidement en dégénérescence.

Dans chaque cas, l'hydrocaule décapité régénérait rapidement un nouvel hydranthe, à la place exacte de l'hydranthe tombé.

Ces phénomènes furent observés chez deux autres individus dans les mêmes conditions d'expérience.

La chute des hydranthes se produit d'une façon régulière. Remarquons toutefois que tous ne donnent pas naissance à un nouvel individu : certains dégénèrent rapidement, d'autres (convenablement nourris) peuvent mener longtemps une vie libre, jusqu'à 6 semaines.

Quant au déterminisme qui préside à la fixation des hydranthes et à la croissance ultérieure de l'hydrocaule, il nous est encore inconnu. Il ne nous semble pas impossible, cependant, qu'une nutrition assez abondante, suivie d'une accumulation de réserves, soit suffisante pour qu'il y ait régénération d'un nouvel hydrocaule.

La chute de l'hydranthe est connue depuis longtemps chez les Tubulaires.

Dalyell (¹) décrit le phénomène chez *Tubularia indivisa* et *Tubularia larynx*. Les observations diffèrent des nôtres en ce qui concerne l'hydrocaule et le sort de l'hydranthe libéré. Dans ces espèces, la régénération de l'hydranthe est précédée d'un allongement de l'hydrocaule. Quant à l'hydranthe tombé, il est appelé, d'après Dalyell, à dégénérer au bout d'un temps assez court (quelques heures à quelques jours). — Allmann (²) donne une description analogue à celle de Dalyell chez *T. indivisa*, et, comparant le phénomène à la frustulation chez *Schizocladium*, fait remarquer cependant que l'hydranthe n'est destiné à aucun développement ultérieur :

(¹) DALYELL, *Rare and remarkable animals of Scotland*, 1, London, 1847, p. 4 et suiv.

(²) ALLMANN, *A monograph of Gymnoblastic and Tubularian Hydroids* (*Ray Society*, 1, 1872, p. 153).

« *it has matured its sexual buds, and has accomplished all the objets of its existence before being cast off, and it then perishes, to be replaced by another.* »

On voit donc que, pour ces auteurs, l'hydranthe détaché est un hydranthe dont les gonophores sont mûrs et qui est fatalement appelé à dégénérer. Le phénomène nous semble indépendant de toute reproduction sexuée. Il nous paraît constituer le mode de reproduction asexuée, sinon unique, du moins prépondérant, chez notre *Tubularia*. Peut-être existe-t-il aussi dans d'autres familles d'Hydroïdes.

BIOLOGIE. — *Sur les déplacements du Thon rouge* (Orcynus thynnus *L. ou* Thunnus thynnus *L.*) *dans le bassin occidental de la Méditerranée.* Note (¹) de M. **Louis Roule**, présentée par M. L. Joubin.

J'ai établi, dans une suite de recherches que je continue, et dont les premières remontent à 1912, que les apparitions et les disparitions périodiques du Thon rouge dans ce bassin sont dues à des déplacements intrinsèques liés à l'accomplissement des fonctions reproductrices, et qu'elles ne résultent nullement d'une soi-disant migration annuelle ayant son origine dans l'Océan Atlantique. Dernièrement M. M. Sella (*R. C. Acc. Lincei*, 3 giugno et 2 agosto 1926), se basant sur des captures en Méditerranée de quelques Thons portant des hameçons dont la forme dénote une provenance atlantique, est revenu à la notion de migration. Il est donc utile de préciser les résultats auxquels j'ai abouti, que corroborent en outre mes études récentes, et qui m'ont conduit à tenir cette notion pour inexacte.

1° Le Thon rouge, dans le bassin occidental de la Méditerranée, est un poisson sédentaire, c'est-à-dire présent et pêchable toute l'année dans l'étendue de ce bassin. Sténotherme et sténohalin, il y vit en bathypélagique de surface et de profondeur. Sur les côtes de Provence, du Languedoc, de Catalogne, on le pêche couramment, au filet dérivant, en automne et en hiver.

2° Vers la fin de l'hiver et dans la première moitié du printemps, il procède, dans ces parages, au rassemblement sexuel ou de concentration.

(¹) Séance du 8 novembre 1926.

Les groupes ainsi formés comprennent parfois plusieurs milliers d'individus. Un procédé spécial de pêche, la « sinche », qui consiste à cerner les bandes en mer, donne à cette époque des rendements souvent considérables.

3° A dater de la seconde quinzaine du mois de mai et postérieurement à ces concentrations, les Thons quittent les parages où ils s'étaient tenus jusque-là, au point que leur pêche s'y trouve interrompue jusqu'à la fin du mois de juillet. Corrélativement à cette disparition, et peu de jours après, ils se montrent sur leurs aires de ponte, dont la principale est située à proximité de la Sardaigne, de la Sicile et de la Tunisie. Ils ont alors accompli leur voyage nuptial, qui se ramène à un simple déplacement intérieur ou intrinsèque, dans les limites du périmètre occupé par le bassin méditerranéen occidental.

4° La cause immédiate et la direction de ce voyage relèvent du thermotropisme. A l'époque de leur maturation sexuelle, les Thons recherchent, dans ce bassin, les eaux dont la température est la plus élevée, et se rendent vers elles, pour y séjourner jusqu'après la ponte accomplie. Ensuite, à dater de la fin de juin et du début de juillet, ils se dispersent à nouveau dans le bassin entier.

Telles sont les constatations que mes études ont mises hors de doute. Elles ramènent à des proportions plus modestes, et soumettent à un déterminisme plus précis, des faits que l'antique théorie de la migration avait tenté d'expliquer d'une façon toute hypothétique. Les intéressantes observations mentionnées par M. Sella dénotent simplement que des individus isolés peuvent franchir le détroit de Gibraltar et passer de l'Océan Atlantique dans la Méditerranée; mais elles n'ont rien à voir avec les rassemblements en masse, les disparitions et les apparitions grégaires, et le déterminisme thermique, qui donnent à la reproduction du Thon ses caractéristiques.

J'achève en rappelant que des constatations similaires ont été faites par MM. Odon et Fernando de Buen sur les Thons atlantiques, et qu'elles les ont conduits à des conclusions identiques aux miennes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons hyménomycètes : actions antioxygènes simples*. Note [1] de M. L. **Lutz**, présentée par M. Guignard.

L'étude de la catalyse oxydante chez les Hyménomycètes devait se compléter par celle des actions retardatrices ou empêchantes.

Les observations de Delépine [2] sur les composés sulfurés et celles de Moureu et de plusieurs de ses collaborateurs [3] sur l'acroléine ont montré qu'un certain nombre de corps, appartenant aussi bien aux substances minérales qu'aux composés organiques, paralysent plus ou moins complètement les oxydations spontanées des corps autoxydables.

Moureu et Dufraisse [4] ont en outre mis en lumière le pouvoir catalytique négatif extrêmement marqué de l'iode et des composés iodés, minéraux ou organiques et surtout des composés phénoliques.

J'ai adapté aux oxydations diastasiques des Hyménomycètes la technique suivie par ces auteurs, en réduisant au $\frac{1}{10000}$ au plus la concentration des antioxygènes, pour ne pas dépasser leur seuil de nocivité vis-à-vis des mycéliums.

Les substances oxydables choisies sont le gaïacol (à 0,01 pour 100 du milieu), le naphtol α (0,005 pour 100), la paraphénylène-diamine (solution mère thymolée et alcalinisée à $\frac{1}{200}$: 1 goutte par 5^{cm^3} de milieu), la naphtylamine α (chlorhydrate à 1 pour 100 : 1 goutte par 5^{cm^3}).

Un tube de chaque catégorie a été utilisé comme témoin; trois autres ont été additionnés respectivement de 1 goutte de solution à 1 pour 100 d'iode, d'iodure de sodium ou d'hydroquinone.

Quatre séries semblables ont été préparées et ensemencées avec *Stereum hirsutum*, *S. purpureum*, *Polyporus versicolor* et *Pleurotus Eryngii*.

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) Delépine, *Bull. Soc. ch.*, IV, **31**, 1922, p. 185; *Bull. Soc. ch. Belg.*, **33**, 1924, p. 346.

(3) Moureu, Dufraisse et Badoche, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1229. — Moureu, Dufraisse et Robin, *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 1008.

(4) Moureu et Dufraisse, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 258; *Bull. Soc. ch.*, IV, **31**, 1922, p. 1152; *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 824.

Dans tous les cas un retard très net s'est manifesté dans l'apparition des réactions colorées.

De plus, les mêmes inégalités d'action signalées par Moureu et Dufraisse se retrouvent dans les cas de catalyse négative qui nous occupent : c'est ainsi que l'hydroquinone s'est montrée particulièrement énergique, l'iode sensiblement moins et l'iodure de sodium moins encore.

La prolongation de l'expérience a en outre montré que le retard observé dans la production des oxydations se poursuit par une diminution parfois considérable de leur énergie. C'est surtout avec le *Polyporus versicolor* et le *Stereum purpureum*, dont les oxydases sont normalement très puissantes, que cette atténuation s'est manifestée avec le plus de netteté, au point de rendre à peine sensibles certaines des réactions produites en présence de l'hydroquinone.

Il y a là de remarquables analogies avec les catalyses négatives étudiées par Moureu et Dufraisse.

MICROBIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur une méthode de culture du bacille du rouissage du lin.* Note (¹) de M. V. **Oméliansky** et Mlle M. **Kononoff**, présentée par M. S. Winogradsky.

Le bacille du rouissage, classé communément sous le nom de *Granulobacter pectinovorum*, se trouve normalement à l'état de spores sur la paille du lin, qu'il suffit d'immerger pour provoquer sa pullulation. Il y apparaît accompagné par divers microbes commensaux, auxquels on a attribué un rôle favorisant le processus du rouissage, non seulement au point de vue d'une marche plus rapide, mais même d'un meilleur produit.

Quel est ce rôle? Il était naturel de penser qu'il revient à des organismes aérobies, susceptibles de protéger l'agent anaérobie de l'action directe de l'oxygène, et en même temps suffisamment résistants à la réaction acide du milieu, effet de la fermentation butyrique des substances pectiques.

Des expériences antérieures nous ont montré qu'une espèce banale très répandue dans le sol, le *Bac. fluorescens liquefaciens*, répondait à ces exi-

(¹) Séance du 8 novembre 1926.

gences. Elle assurait notamment la pullulation du fixateur anaérobie, le *Clostridium Pastorianum*, dans une couche de liquide peu profonde, en formant à la surface un voile coupant la pénétration de l'oxygène; d'un autre côté, elle était capable de décomposer les matières protéiques en pullulant en mélange avec des ferments lactiques dans un milieu, dont le pH atteignait rapidement 4,8; acidité qui paralysait deux autres ferments de la putréfaction, soumis à la même épreuve. On a donc choisi ce bacille pour l'associer au bacille spécifique.

On procédait comme suit. De petites gerbes faites de paille de lin coupée en morceaux de 3-4^{cm}, bouillies pendant 10 minutes dans l'eau, étaient placées dans des tubes d'essai de dimensions ordinaires, remplis aux deux tiers d'eau de conduite; on bouchait avec du coton et on stérilisait à l'autoclave. On ensemençait un nombre de tubes ainsi préparés avec des brindilles de lin bien roui, et on les divisait en quatre lots, qu'on soumettait à des températures au-dessus de 100°, soit : les premiers trois à 105°, 110°, 115° pendant 15 minutes, le dernier à 120° pendant 20 minutes. Aussitôt après refroidissement, on introduisait dans chaque tube une suspension d'une culture de 24 heures du bacille fluorescent dans 0$^{cm^3}$,5 d'eau et on mettait à l'étuve à 32°.

Au bout de 2 ou 3 jours la fermentation se déclarait dans les tubes des trois premiers lots par un abondant dégagement de gaz, et un examen microscopique faisait voir une pullulation du bacille du rouissage sur la paille du lin; mais, quant au quatrième lot, on n'y constatait ni fermentation, ni bacilles. Les spores du bacille spécifique résistent donc à une température de 115° pendant 15 minutes, et cette résistance maxima donne un moyen facile d'épurer la semence; tandis que l'association du bacille aérobie, dépourvu de spores, comme c'est le cas du bacille fluorescent, permet de cultiver le bacille du rouissage à l'air, c'est-à-dire dans des conditions les plus pratiques, tout en maintenant facilement la pureté de la semence par simple pasteurisation.

En résumé, notre méthode de culture se caractérise : 1° par le chauffage de la paille du lin à 115° pendant 15 minutes, 2° par l'association d'un bacille aérobie dépourvu de spores.

On s'est assuré ultérieurement qu'on peut employer comme tel non exclusivement le bacille nommé, mais plusieurs autres organismes aérobies. Ainsi le *Bacterium coli commune*, le *Bacillus mesentericus vulgatus*, le *Bacillus mycoides*, enfin l'*Oidium lactis* ont exercé sensiblement le même effet.

La méthode s'est montrée également bien applicable à tous les échantillons de lin que nous avons reçu de différentes régions linicoles de la Russie. La fermentation débutait toujours vers le deuxième ou troisième jour; elle durait de 5 à 9 jours; les brins de paille en sortaient bien rouis, ce qu'on reconnaît, après séchage, à ce que la filasse s'en détache proprement par un léger frottement entre les doigts.

En contrôlant la réaction du liquide baignant les gerbes, on a constaté que le pH initial de 6,4-6,2 descendait vers la fin à 4,4-4,2. Il est bien probable que cette action acidifiante doit être attribuée entièrement au bacille du rouissage, car ce même microbe dans des conditions anaérobies et sans associé donne pour le pH le même chiffre final.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le véritable régime spécifique du scorbut expérimental.* Note [1] de M. N. **Bezssonoff**, présentée par M. E. Roux.

Axel Holst (1912) découvrit le scorbut expérimental en employant un régime avoine-eau qui ne contenait ni la vitamine C, ni les vitamines liposolubles. La mort du cobaye, survenant vers le 30e jour, pouvait donc être attribuée à une polyavitaminose. En 1918, Chick et Hume proposèrent un régime composé d'avoine, son et lait de vache stérilisé à l'autoclave pendant 1 heure à 120°. Ce lait, 60 à 90$^{cm^3}$, devait fournir les vitamines liposolubles, la vitamine C étant *supposée* détruite par le chauffage. Cinq cobayes soumis par Chick et Hume à cette diète succombèrent au 40e jour. Ce régime permit de nombreuses mesures de la teneur relative des aliments en vitamine C. Leur bonne concordance put être établie dans quelques cas. Néanmoins, le premier inconvénient de ce régime est que souvent il se montre carencé en vitamines liposolubles. D'ailleurs, les données de Lesné et Vagliano (1924), Luce (1924), Chick et Roscoë (1926), montrent l'appauvrissement extrême du lait en ces vitamines, dès que les vaches cessent de pâturer. Un défaut encore plus grave est l'action très inégale de ce régime sur les cobayes.

En 1922, j'ai signalé [2] le cas de survie exceptionnelle (92 jours) d'un

(1) Séance du 18 octobre 1926.
(2) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 846.

témoin, supposé dû à l'addition de luzerne sèche chauffée 1 heure à 120°. En 1923 la luzerne fut chauffée 2 heures et depuis 1924 remplacée par 1 à 2 gouttes d'huile de foie de morue. Néanmoins, en 1923, sur mes 10 cobayes témoins, 1 succombait après le 60ᵉ jour; en 1924, sur 43 cobayes, 4 succombèrent entre le 60ᵉ et 80ᵉ jour. Donc les cas de survie n'étaient pas dus à la luzerne. Au cours de 5 années, de tous mes 84 cobayes témoins soumis au régime de Chick et Hume, 6 succombèrent après le 50ᵉ jour et 19 après le 40ᵉ.

Gabriel Bertrand (1914) a désigné comme mutation physiologique la résistance exceptionnelle à un régime avitaminé; une telle résistance des cobayes était-elle favorisée par une faible quantité de vitamine C présente dans le lait chauffé?

Pour s'en rendre compte on remplaça le lait par le jaune d'œuf frais, aliment riche en vitamines liposolubles (Hart, Steenbœk, Lepkovsky, 1925) et privé de vitamine C (Hauge et Carrick, 1925). Le régime fut composé ainsi : 900^{g} d'avoine mélangés à la main avec 100^{g} de son, 40^{g} de levure fraîche et 75^{g} de jaune d'œuf frais émulsionné avec 125^{cm^3} d'eau. Ce mélange et de l'eau sont donnés à volonté. 16 cobayes soumis à ce régime, successivement par lots de quatre, succombèrent tous avant le 33ᵉ jour. Scorbut à l'autopsie. 4 cobayes reçurent par la bouche $1^{cm^3},5$ de jus de citron frais neutralisé au $NaHCO^3$. Au 22ᵉ jour, 1 succomba, les autres baissaient de poids. La dose fut portée à 3^{cm^3}. Les animaux reprirent. Au 62ᵉ jour, 1 cobaye de 415^{g} avait augmenté de 50^{g}. 2 gros cobayes avaient perdu 55^{g}. La dose strictement suffisante semblait donc proche de $0^{cm^3},7$ de citron par 100^{g} de cobaye. Aussi deux lots de 4 cobayes reçurent pareillement, l'un $0^{cm^3},6$, l'autre $0^{cm^3},8$ de citron frais par 100^{g} de cobaye. Au 31ᵉ jour, les deux lots étaient en excellent état. Le lot de $0^{cm^3},8$ fut mis à $0^{cm^3},5$. L'état des deux lots empira. Au 70ᵉ jour, 3 animaux succombèrent. Les cinq survivants réunis reçurent $0^{cm^3},75$ par 100^{g}. Les animaux reprirent. Ils furent sacrifiés et autopsiés au 90ᵉ jour. Aucune trace de scorbut. La dose antiscorbutique suffisante est donc 3^{cm^3} de jus de citron pour un cobaye de 400^{g}. Cependant, d'après Chick et Rhodes (1920), Davey (1921), $1^{cm^3},5$ de jus de citron suffit à un cobaye de ce poids qui absorbe 60^{cm^3} à 80^{cm^3} de lait autoclavé. On pourrait en conclure que ce lait contient en vitamine C la valeur de $1^{cm^3},5$ de jus de citron, soit la moitié de la dose nécessaire à un cobaye de 400^{g}. Mais, d'autre part, il faut (Jephcott et Bacharach, 1921) 104^{cm^3} de lait frais pour protéger du

scorbut un tel cobaye. Donc, l'autoclavage n'influe que peu sur la teneur en vitamine C du lait, à moins d'admettre que l'action antiscorbutique est due à deux substances différentes, dont l'une résisterait au chauffage à l'autoclave.

Conclusions. — 22 pour 100 des cobayes témoins soumis au régime Chick et Hume survivent au 40e et 7 pour 100 au 50e jour.

Les travaux de ces dernières années, basés sur l'emploi de ce régime, avec épreuves au-dessous de 55 jours sans témoins et sur des lots très réduits, doivent être révisés. Le lait chauffé contient une dose appréciable en vitamine C, ce qui détermine la grande diversité de son action sur les cobayes. Le nouveau régime avoine-jaune d'œuf frais permet un dosage, sur cobaye, précis et comparativement rapide de la vitamine C. L'opinion de Gabriel Bertrand sur l'existence de mutations physiologiques, par rapport à l'avitaminose, est confirmée. Ces manifestations sont facilitées par la présence de petites quantités de vitamine.

MÉDECINE. — *Traitement des syncopes respiratoires par l'inhalation d'acide carbonique.* Note (1) de MM. **L. Ambard** et **F. Schmid**, présentée par M. Widal.

On sait que le chloralose, injecté en quantités excessives à des chiens, détermine des arrêts respiratoires prolongés, difficiles à combattre par la respiration artificielle et susceptibles d'entraîner la mort.

Nous allons montrer que pareils accidents peuvent être levés avec une facilité extrême par l'inhalation d'acide carbonique.

Voici le résumé d'une de nos observations. Un chien reçoit une dose de chloralose qui ralentit d'abord, puis arrête ensuite la respiration. On pratique en premier lieu la respiration artificielle, mais en vain. Après des manœuvres qui durent trois quarts d'heure l'animal reste incapable de respirer spontanément. Nous lui faisons inhaler un mélange d'air et d'anhydride carbonique. Aussitôt l'animal exécute spontanément des mouvements respiratoires profonds et rapides. Dès qu'on cesse de présenter l'acide carbonique à ses narines, la respiration s'arrête. Dans le but d'économiser l'acide carbonique, nous continuons à opérer de la manière suivante. Avec

(1) Séance du 8 novembre 1926.

un linge, nous faisons sur la tête de l'animal une poche où il respirera en atmosphère confinée son propre air respiratoire et par conséquent l'acide carbonique qu'il exhale. L'effet est assez puissant pour maintenir une respiration de rapidité et d'amplitude normales. Mais, dès qu'on enlève ce masque, la respiration s'arrête. On replace le masque et 2 heures après le début de la syncope respiratoire, la désintoxication bulbaire, par élimination du chloralose, est suffisante pour que l'animal poursuive spontanément et sans l'aide d'un secours étranger une respiration spontanée.

L'inhalation de l'anhydride carbonique pourra servir dans le traitement des synçopes respiratoires d'ordres variés.

La pratique de la respiration artificielle seule pour combattre les syncopes respiratoires est peu efficace, car, si elle assure l'oxygénation des centres, elle ne leur apporte pas le supplément d'excitant que nécessite leur dépression fonctionnelle.

L'inhalation d'oxygène-acide carbonique, ou plus simplement encore d'air-acide carbonique, réalisée d'abord par quelques manœuvres initiales de respiration artificielle, puis entretenue par la respiration spontanée du sujet dans des sacs contenant ce mélange gazeux, remplit à la fois ces deux offices.

La séance est levée à 16h15m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 NOVEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADEMIE.

ALGÈBRE. — *Un théorème sur les systèmes de formes linéaires à déterminant symétrique gauche.* Note de M. **Emile Borel**.

J'ai indiqué précédemment comment certains problèmes de probabilités conduisent à considérer des systèmes de formes linéaires à déterminant symétrique gauche ([1]). Je voudrais indiquer avec précision sous quelle forme se pose un intéressant problème d'algèbre relatif à de tels systèmes et par quelles méthodes on peut espérer en trouver la solution

Soit n un entier que nous supposerons impair et a_{ik} les éléments d'un déterminant symétrique gauche d'ordre n,

$$a_{ik} + a_{ki} = 0, \qquad a_{ii} = 0$$

Nous considérons les formes linéaires

$$Y_i = a_{ik} y_k,$$

l'indice k du second membre étant un indice de sommation.

Dans la Note IV de l'ouvrage cité, j'ai démontré pour $n = 5$ un résultat qui, s'il était exact pour toute valeur de n, équivaudrait au théorème suivant :

Théorème A. — *Quel que soit le nombre impair n et quels que soient les a_{ik}, il est possible de trouver des valeurs des y_i, positives ou nulles, mais non toutes*

([1]) Voir *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1304, et mon ouvrage *Éléments de la théorie des probabilités* (Hermann, 3e édition, 1924, notes III et IV).

nulles, telles que l'on ait, quel que soit i,

$$y_i Y_i = 0. \tag{1}$$

En d'autres termes, *les relations* (1) *sont incompatibles avec les inégalités*

$$y_i \geqq 0, \tag{2}$$

$$y_1 + y_2 + \ldots + y_n > 0, \tag{3}$$

l'inégalité (3) *excluant expressément l'égalité.*

Si le théorème A n'est pas vrai, on peut énoncer le théorème B.

Théorème B. — *Lorsque le nombre impair n est assez grand, il est possible de trouver certaines déterminations particulières des a_{ik} telles que, les a_{ik} étant ainsi choisis, les relations*

$$y_i Y_i = 0, \tag{1}$$

$$y_i \geqq 0 \tag{2}$$

vérifiées pour toute valeur de l'indice i, entraînent, également pour toute valeur de i :

$$y_i = 0. \tag{4}$$

Il serait d'ailleurs intéressant, si le théorème B est exact, de ne pas démontrer seulement l'existence de certaines déterminations des a_{ik}, mais de donner un exemple numérique précis dans lequel les relations (1) et (2) entraînent effectivement les relations (4).

J'avais espéré pouvoir démontrer le théorème B pour $n \geqq 7$; de nouvelles recherches tendent à me faire croire, au contraire, que pour $n = 7$, comme pour $n = 5$, c'est le théorème A qui est vrai.

Il serait de la plus haute importance de trancher cette alternative; les calculs auxquels on se trouve entraîné sont malheureusement assez pénibles en raison de la grande multiplicité des cas à examiner. Les calculs seraient même inextricables si l'on n'utilisait pas la remarque suivante. Convenons de poser successivement :

$$(1234) = a_{12}a_{34} + a_{13}a_{42} + a_{14}a_{23},$$
$$(123456) = a_{12}(3456) + a_{13}(4562) + a_{14}(5623) + a_{15}(6234) + a_{16}(2345),$$
$$(12345678) = a_{12}(345678) + a_{13}(456782) + \ldots + a_{18}(234567),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Une solution du système d'équations

$$Y_i = 0$$

est alors donnée par les formules

$$y_1 = (234 \ldots n),$$
$$y_2 = (345 \ldots n1),$$
$$y_3 = (45 \ldots n12),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

et cette solution est unique, à un facteur près, si les valeurs que nous venons d'écrire pour les y ne sont pas nulles. Bien entendu l'entier n est toujours supposé impair.

THERMOCHIMIE. — *Chaleur d'oxydation du glucinium.* Note [1] de M. C. **Matignon** et Mlle G. **Marchal**.

Dans le but de fixer la physionomie du glucinium, et de rendre possible la prévision de son action chimique ainsi que celle de ses composés, en présence des réactifs les plus courants, nous avons dans un travail préliminaire [2] effectué des mesures thermiques en vue de déterminer la chaleur de formation des principaux composés du glucinium.

Toutefois nous n'avions pas mesuré nous-mêmes un chiffre de base reliant le métal à l'un de ses dérivés simples, par exemple, l'oxyde ou le chlorure. Nous avions donc choisi, parmi les mesures effectuées à partir du métal, celle qui, après discussion, méritait le plus de confiance et nous avions adopté provisoirement comme chaleur de formation de la glucine la valeur $+ 137^{\text{cal}},4$, déduite de la chaleur de formation du chlorure déterminée par Wartenberg et Mielenz [3].

Pour compléter notre étude d'ensemble, nous avons repris la détermination de la chaleur de formation de la glucine en opérant sur le métal obtenu à l'état pur et sous forme massive fondue par le procédé de Stock, Praetorius et Priess [4].

Ce glucinium forme un métal dur, qui raie le quartz, résiste assez au martelage, mais peut être cependant facilement divisé au mortier d'Abich; sa cassure est brillante et d'aspect cristallin.

Le métal ne contient que des traces de fer. Nous l'avons analysé en

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 39 1926, p. 167.
(3) *Zeit. an. Chemie*, 116, 1921, p. 267.
(4) *Berichte*, 58, 1925, p. 1571.

mesurant le volume d'hydrogène qu'il dégage avec les acides; cette méthode est fort sensible en raison du faible poids atomique du métal. $0^g,0178$ de glucinium ont fourni avec un léger excès d'acide chlorhydrique concentré $44^{cm^3},48$ toutes corrections faites, quantité théorique $44^{cm^3},3$.

L'hydrogène recueilli a toujours une odeur fétide et cependant de nombreuses analyses de cet hydrogène, effectuées par combustion, ont toujours caractérisé cet élément comme très pur; en particulier, on n'a jamais pu reconnaître la présence du gaz carbonique parmi les produits de la combustion. Les impuretés, causes de la mauvaise odeur, sont donc en quantité négligeable.

On a effectué au calorimètre la dissolution du métal d'abord dans une solution fluorhydrique à 30 pour 100, puis dans une solution chlorhydrique à 13,4 pour 100, dont les chaleurs spécifiques sont respectivement de 0,77 et 0,78.

Dissolution dans l'acide fluorhydrique. — Nous avons rencontré beaucoup de difficultés pour réaliser cette opération dans de bonnes conditions. Nous avons effectué dix dissolutions au calorimètre, et, dans la plupart des cas, nous avons reconnu des causes d'erreur : absorption des vapeurs fluorhydriques par l'eau contenue dans le tube en or qui protège le thermomètre, dégagement trop rapide ou trop lent de l'hydrogène, etc. On parvient cependant à régulariser à volonté la vitesse de réaction en enveloppant plus ou moins le grain de métal dans une toile métallique en cuivre à mailles très fines, ou mieux encore dans un ensemble de platine formé par une lame percée de trous et une toile. On a pu éviter également toute action secondaire des vapeurs fluorhydriques.

Deux expériences nous ont donné par atome de métal $94^{cal},1$ et $94^{cal},4$, moyenne $94^{cal},25$:

$$2\,HF_{diss.} + Gl = GlF^2_{diss.} + H^2 + 94^{cal},25.$$

En tenant compte de la chaleur de dissolution de la glucine dans la même solution fluorhydrique, déterminée antérieurement,

$$GlO + 2\,HF_{diss.} = GlF^2_{diss.} + H^2O + 23^{cal},3,$$

on en déduit pour la chaleur de formation de la glucine $139^{cal},95$ ou 140^{cal}.

Dissolution dans l'acide chlorhydrique. — Les solutions chlorhydriques normales ou demi-normales attaquent le glucinium très lentement, nous avons dû opérer avec une solution correspondant à $HCl\,13,1\,H^2O$.

Deux opérations effectuées avec $0^g,0757$ et $0^g,0760$ de métal nous ont donné toute satisfaction : vitesse de réaction convenable, métal réagissant

totalement au centre de la masse liquide dans son enveloppe métallique. Nous avons trouvé $87^{cal},90$ et $87^{cal},91$:

$$2\,HCl_{diss.} + Gl = GlCl^2_{diss.} + H^2 + 87^{cal},90.$$

Si l'on fait intervenir nos mesures précédentes :

$$2\,HCl_{diss.} + GlO_{préc.} = GlCl^2_{diss.} + H^2O + 13^{cal},65,$$
$$GlO_{calc.} = GlO_{préc.} + 2^{cal},9.$$

On en déduit pour la chaleur de formation de la glucine, $140^{cal},35$:

$$Gl + O = GlO_{calc.} + 140^{cal},35.$$

Les deux valeurs obtenues, $139^{cal},95$ et $140^{cal},35$, qui sont, l'une et l'autre, la résultante d'un grand nombre de mesures expérimentales, coïncident d'une façon remarquable. Nous adopterons la moyenne de ces deux valeurs :

$$140^{cal},15.$$

Cette nouvelle chaleur d'oxydation du glucinium entraîne les modifications suivantes dans les caractéristiques thermochimiques fondamentales de ce métal :

Chaleurs de formation.

	cal
$GlO_{calc.}$	140,15
$GlO_{préc.}$	143,05
GlF^2_{diss}	194,45
$GlCl^2_{sol.}$	115,35
$SO^4Gl_{sol.}$	279,65
$(NO^3)^2Gl_{diss.}$	185,45

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers.* Note (¹) de MM. **Georges Claude** et **Paul Boucherot**.

On sait maintenant que, même sous l'équateur, l'eau des grandes profondeurs, grâce aux courants très denses venus des mers polaires, se maintient en tous temps, avec une grande constance, *à des températures très basses*, 4 à 5° C. à 1000^m d'après Bogulawski. On sait, d'autre part, que la température de surface de la mer, en même temps qu'elle s'élève à mesure qu'on va vers l'équateur, devient plus régulière : sous les tropiques la

(¹) Séance du 15 novembre 1926.

variation thermique d'un bout de l'année à l'autre n'atteint pas 3° et la température de surface y varie, suivant les régions, entre 26 et 30°.

Il résulte de là qu'en toutes les mers profondes des tropiques existent, presque au contact, les deux termes d'une différence de températures *merveilleusement constante* en toutes saisons et par tous temps, et appliquée respectivement à l'eau des profondeurs, indéfiniment refroidie par le rayonnement polaire, et à l'eau de surface, perpétuellement chauffée par le Soleil.

Si l'on n'a pas prêté jusqu'ici l'attention qu'il mérite à ce fait capital, c'est que sans doute deux raisons essentielles paraissaient s'opposer à son utilisation. La première, c'est l'inaccessibilité des eaux profondes. Mais cette inaccessibilité est plutôt apparente, puisqu'un simple tuyau ou canal de section suffisante, calorifugé au besoin et pénétrant jusqu'à ces eaux profondes, les remontera sans effort en vertu du principe des vases communicants; il suffira de les y pomper comme on pomperait dans la mer, à cela près (sauf variations éventuelles de la viscosité avec la pression) qu'à l'équilibre, les eaux profondes, plus denses, s'arrêteront dans le tuyau à 1^m environ sous la surface marine [1].

La seconde difficulté résulte de la petitesse de l'écart de températures en question. Or, nous avons été conduits, pour l'utilisation facile de cet écart, à un moyen sans doute fort inattendu.

Nous avons, en effet, cherché ce que pourrait donner l'emploi, comme fluide moteur, de la vapeur d'eau *directement fournie* par l'eau tiède de surface. Évidemment, c'était là pure curiosité, l'extrême petitesse des tensions de vapeur de l'eau à 20 ou 25° ne nous donnant aucun espoir. Or, à notre stupéfaction, nous avons constaté combien les conditions ainsi réalisées conviennent excellemment aux *turbines à vapeur* qui, équipées pour ces conditions mêmes, paraissent avoir été créées pour fonctionner *sous des pressions motrices inférieures même au vide des condenseurs usuels*.

C'est ainsi, par exemple, que la vapeur à $0^{atm},03$ fournie par de l'eau à 24°, aspirée par le vide de $\frac{1}{100}$ d'atmosphère que peut maintenir au condenseur de l'eau à 7°, prendra une vitesse d'écoulement de 500 m : s en communiquant à une turbine à une seule chute une vitesse optimum

---

(1) Il y a en général dans l'Océan, d'après J. Thoulet, un excès de salure des couches superficielles qui tend à atténuer cette différence; d'autre part, l'eau profonde ne tiendrait pas, en général, plus de gaz dissous que l'eau de surface, compte tenu, cependant, de sa température.

éminemment favorable de 250 m : s. Et chaque kilogramme de cette vapeur de $0^{atm},03$ dont la pression est donc 700 *fois plus petite* que celle de la vapeur à 20^{atm} ne produira pourtant qu'un travail *cinq fois moindre* que cette vapeur à 20^{atm} se détendant de 20 à $0^{atm},2$. Ces conclusions paraissent au premier abord si surprenantes que nous avons tenu à donner la preuve expérimentale de leur exactitude.

Un disque de turbine Laval de 15^{cm} de diamètre, établi pour fonctionner sous des pressions de 20^{atm}, donc dans des conditions très éloignées de celles auxquelles on va la soumettre, communique à l'amont avec un flacon contenant 20^{l} d'eau à 28°, à l'aval avec un espace rempli de morceaux de glace. On enlève l'air de cet ensemble à l'aide d'une pompe, qui est ensuite arrêtée. Dès que la pression tombe au-dessous de la tension de vapeur de l'eau, celle-ci se met à bouillir violemment, et la vapeur va se condenser dans la glace à travers la turbine. Celle-ci se met bientôt en route pour atteindre une vitesse de 5000 t : m, tandis que trois petites lampes électriques, prenant 2,5 watts, sont portées au blanc éblouissant par la dynamo qu'elle commande, pour ne s'éteindre que 8 ou 10 minutes après, lorsque l'eau sera refroidie au-dessous de 20° par son intense ébullition. Qu'un tel résultat soit possible est tout à fait remarquable si l'on songe au rendement forcément détestable d'un si petit appareil fonctionnant sous ces minuscules pressions et si loin de sa vitesse de régime.

Ceci est, à une échelle infiniment réduite, la reproduction même de ce que nous voudrions réaliser sur une grande échelle dans un avenir prochain. Voici l'une des variantes possibles. Au lieu du moyen habituel d'une chaudière chauffée *extérieurement* par la source chaude, c'est l'eau de surface elle-même qui, aspirée continuellement dans le *bouilleur*, y produira la vapeur. Elle y séjournera juste le temps de se refroidir un peu par son ébullition sous la pression réduite entretenue à travers les turbines par l'effet de l'eau froide au condenseur, puis, à peine refroidie, sera expulsée au dehors et remplacée par de l'eau neuve, tandis que les torrents de vapeur à $0^{atm},03$ ainsi continuellement produite se précipiteront vers l'eau de condensation à travers des turbines d'une construction adéquate à ce souffle presque immatériel.

Supposons que l'eau tiède se refroidisse de 5 degrés par son ébullition, ce qui n'affectera pas trop sa tension de vapeur. C'est donc 5000^{cal} extraites par mètre cube d'eau de surface, soit 8^{kg} de vapeur qui, utilisés entre $0^{atm},03$ et $0^{atm},1$, donneront théoriquement 100000^{kgm}. Telle est l'énorme énergie, équivalente à celle que ce mètre cube d'eau produirait en

tombant de *cent mètres* qu'on peut tirer de la mer en quantités illimitées.

On voit combien cette solution dépasse celle des *marées*, où ce même mètre cube ne produirait au plus — et avec quelle déplorable irrégularité — que le travail moyen de *trois mètres* de chute!

Nous estimons à 75 pour 100 le rendement des turbines ou appareils équivalents. On extraira donc 75000^{kgm} par mètre cube d'eau chaude. Il n'en coûtera au plus que 30000^{kgm} pour pompage de l'eau chaude et froide, extraction des eaux usées, et, surtout, des *gaz dissous*, etc., soit un gain net de 45000^{kgm} par mètre cube, ou, pour 1000^{m^3} *par seconde*, une puissance nette de 400000 *kilowatts*. Nos études nous permettent d'espérer qu'une telle installation, capable d'un fonctionnement continu d'un bout de l'année à l'autre, ne coûterait pas plus cher que dans le cas des chutes d'eau.

La caractéristique essentielle de notre époque, c'est le rôle toujours plus grand de l'énergie mécanique dans la civilisation. De jour en jour celle-ci a le sentiment plus net que ses besoins dépasseront ses ressources. Les chiffres précédents nous amènent à cette conclusion, dont l'auteur de *Vingt mille lieues sous les mers* se fut sûrement réjoui, que c'est sans doute par l'énergie des mers que l'humanité sera débarrassée de ce souci.

Bien entendu, nous espérons vivement que nos belles colonies profiteront des premières de ces nouvelles ressources. Mais l'efficacité de cet emploi des turbines est telle que des différences de températures plus faibles, moins éloignées de nos rivages, seront sans doute elles-mêmes utilisables, surtout si l'on se résigne à leurs variations saisonnières; et, les progrès de la technique du transport de l'énergie aidant, peut-être ne faut-il pas désespérer de voir la France elle-même bénéficier un jour de ces ressources — comme, aussi, de celles que permettra de créer la chaleur centrale.

Certes, ce n'est pas tout de suite que d'immenses stations, trouvant dans leurs dimensions mêmes la sécurité contre la tempête, flotteront sur la mer profonde, généralement assez distante des côtes, ni qu'elles pourront transmettre à la terre, puis envoyer au loin leurs torrents d'énergie, dans la mesure où ils ne seront pas utilisés sur place. L'étape préalable *d'usines côtières* devra être franchie : nous avons étudié à cet effet les moyens de réaliser une usine de démonstration évidemment relativement très coûteuse de 12000 à 15000 kw abritée dans un port voisin des eaux profondes et reliée à celles-ci par un tube s'enfonçant rapidement sous la surface liquide.

Or, cette installation n'apporterait pas seulement dans ce port l'énergie

électrique, mais en même temps l'eau froide, et dans des conditions bien capables d'avoir raison de l'ardente chaleur et de l'intense humidité, ces deux fléaux des régions tropicales que notre regretté confrère Maurice Leblanc avait déjà entrepris de combattre. On remarquera en effet que chaque mètre cube d'eau sous-marine, en se réchauffant seulement de 8 à 15°, température encore très basse pour ces régions, équivaut à cet égard à 75^{kg} *de glace*, et que de cette eau froide, la petite installation ci-dessus ferait sortir 100000$^{m^3}$ *par heure* du fond de l'Océan !

Cette possibilité d'obtenir dans les régions équatoriales l'eau froide en quantités aussi immenses et à un prix *vingt fois* moindre que par les procédés frigorifiques, apparaîtra sans doute comme un des éléments les plus importants d'une pareille solution.

On estimera peut-être ces espérances trop belles, ces conceptions trop hardies pour se réaliser jamais. Certes, nous ne nous en dissimulons ni les difficultés ni les risques; mais, outre que nous les croyons beaucoup moins audacieuses que celles des hommes qui osèrent jeter entre les continents les premiers câbles sous-marins, on nous permettra de puiser dans notre carrière déjà longue une conviction contraire.

Quand un procédé se révèle capable de tirer de la mer — fût-ce à l'égal de 10 Niagaras — l'énergie qu'elle donnerait en tombant de 100^{m}, quand ce procédé apparaît susceptible d'un faible coût d'installation, d'une régularité incomparable, d'un prix de l'énergie plus bas, tout en donnant le froid en quantités capables de changer l'habitabilité de superbes régions, on peut être tranquille : on fera des objections, certes; à quoi n'en fait-on pas! on opposera les risques de la tempête, la surprise des courants, l'inconnu des abîmes : devant des possibilités pareilles — à moins d'une révolution comme celle qu'apporterait la transformation directe des radiations solaires ou la libération de l'énergie intra-atomique — rien n'empêchera l'homme de prendre une fois de plus possession de la mer pour cette nouvelle conquête — et d'en avoir raison.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la nitruration des aciers.*
Note de M. **Léon Guillet**.

Dans une première Note, j'ai montré l'intérêt que présente la nitruration de certains aciers spéciaux par l'ammoniaque à 500°.

Je voudrais aujourd'hui attirer l'attention sur certaines propriétés de la couche dure ainsi obtenue.

Les expériences ont porté sur un acier chrome-aluminium, du type normalement utilisé pour la nitruration.

J'ai comparé la dureté superficielle du produit nitruré à celle d'un acier cémenté-trempé.

Ce dernier acier, du type ordinaire de cémentation ($C = 0,1$ pour 100), a été cémenté à une profondeur de $0^{mm},9$ par le mélange charbon de bois (60 pour 100) et carbonate de baryum (40 pour 100); il a été ensuite trempé à 825°.

L'acier chrome-aluminium a été nitruré à 510°, durant 90 heures, et n'a subi, bien entendu, aucune trempe. L'épaisseur totale de la couche nitrurée ainsi obtenue était de $0^{mm},8$. Les essais de dureté ont été faits par la méthode de Brinell, sous une charge de 500^{kg}, avec une bille de 5^{mm}. Différentes séries d'essais ont été pratiquées : les unes à une température déterminée, après différents temps de séjour à cette température; les autres après même séjour dans des conditions identiques, mais après retour à la température de + 20°. Aux basses températures, les essais ont été faits dans un mélange de glace et de chlorure de calcium (— 17°), dans un mélange de neige carbonique et d'acétone (— 80°) et dans l'air liquide.

Les produits nitrurés donnaient initialement des duretés variant entre 655 et 765; les aciers cémentés-trempés accusaient des duretés comprises entre 617 et 662.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus dans les essais faits aux différentes températures pour des séjours de 30 minutes et de 2 heures; les duretés sont exprimées en nombres de Brinell.

	Essais faits aux températures indiquées sur :			
	Acier nitruré		Acier cémenté-trempé	
Températures.	après séjour de 30 minutes.	après séjour de 2 heures.	après séjour de 30 minutes.	après séjour de 2 heures.
—180°	702	675	655	662
— 80	662	748	623	617
— 17	–	732	636	630
100	675	662	630	617
200	675	720	555	533
300	630	550	377	389
400	483	517	353	342
500	441	427	232	223
600	316	279	118	187

Le second tableau donne les résultats obtenus dans les essais faits après séjour de 30 minutes ou de 2 heures aux températures indiquées, mais *les échantillons ayant été ensuite ramenés à la température de 20°.*

	Essais faits à la température de 20° sur :			
	Acier nitruré aux températures indiquées		Acier cémenté-trempé aux températures indiquées	
Températures.	après séjour de 30ᵐ.	après séjour de 24ʰ.	après séjour de 30ᵐ.	après séjour de 24ʰ.
—180°...........	705	812	604	601
—80...........	757	720	630	610
—17...........	725	732	623	604
100...........	710	740	604	642
200...........	702	662	591	522
300...........	732	648	503	479
400...........	757	668	401	383
500...........	585	610	301	285
600...........	662	675	235	214

Ces essais appellent quelques conclusions :

1° L'acier nitruré initialement plus dur que l'acier cémenté-trempé conserve une dureté nettement plus grande, lorsque la température s'élève.

C'est ainsi qu'à 600°, la dureté de l'acier nitruré est 279, et celle de l'acier cémenté-trempé, 107.

2° La dureté à température ordinaire de l'acier nitruré après séjour de deux heures à des températures pouvant atteindre 500° varie très peu, tandis que, dans les mêmes conditions, l'acier cémenté-trempé voit baisser très sensiblement sa dureté.

Ainsi après un séjour de deux heures à 400°, l'acier nitruré présente une dureté de 668, et l'acier-cémenté trempé une dureté de 383.

3° Enfin on note que, après séjour dans l'air liquide, la dureté à 20° de l'acier nitruré est très nettement augmentée, ce qui ne se produit pas avec l'acier cémenté-trempé. Toutefois ce dernier point mérite confirmation.

GÉOGRAPHIE. — *Du Nil aux confins du Tibesti par le centre du Désert Libyque (explorations du Prince Kemal el Dine).* Note [1] de M. **Tilho.**

En 1924, le prince Kemal el Dine, neveu de S. M. le Roi d'Égypte, ayant effectué depuis 30 ans de nombreux voyages dans le nord et l'est du

(1) Séance du 15 novembre 1926.

désert libyque [1] entreprend d'en explorer la partie centrale jusqu'alors complètement inconnue.

En 1924-1925, il part à la découverte de l'oasis isolée de Merga, en compagnie du Dr Ball, chef du « Désert Survey » d'Égypte; il fixe au passage la position des puits de Mourr, Cheb et Tarfaoui, et réussit à atteindre son objectif, la palmeraie de Merga, située par 19°2′ N et 26°18′ E à 300km à l'est du plateau d'Erdi.

L'année suivante (1925-1926) en compagnie de MM. de Mascarel et Menchikoff, il cherche à relier les cartes égyptiennes de la vallée du Nil à celles de la région française du Tibesti et du Borkou, par un levé d'itinéraire de 1500km de développement, appuyé sur 31 positions géographiques (longitudes par T. S. F.).

Cet itinéraire, qui traverse le désert de Libye d'Est en Ouest, part de Khargeh et aboutit au puits de Sarra, en passant par Mout, Abou Ballas et Ouenat [2].

Les régions parcourues présentent l'aspect d'une immense pénéplaine de grès d'où émergent de rares massifs cristallins d'étendue très réduite; le plus vaste, celui d'Ouenat, qui domine de 1300m la plaine environnante, n'a qu'une superficie de 1500km².

Du Nil à Ouenat. — Après avoir franchi le plateau calcaire qui sépare la vallée du Nil de la dépression Khargeh-Mout, l'expédition a traversé trois plateaux successifs, étagés en gradins depuis la cote 66 (Khargeh), jusqu'à la cote 1000 (Djilf kebir). Ces plateaux sont formés de couches de grès de Nubie légèrement inclinées vers le Nord; les deux premiers sont limités chacun par une falaise abrupte, faisant en général face au Sud ou au Sud-Est, dont le relief dépasse souvent 100m, et qui se prolonge dans la plaine par une série de « gours » isolés; le troisième, aux abords mêmes d'Ouenat, est limité par une série de gours et par des collines dont le relief dépasse 200m.

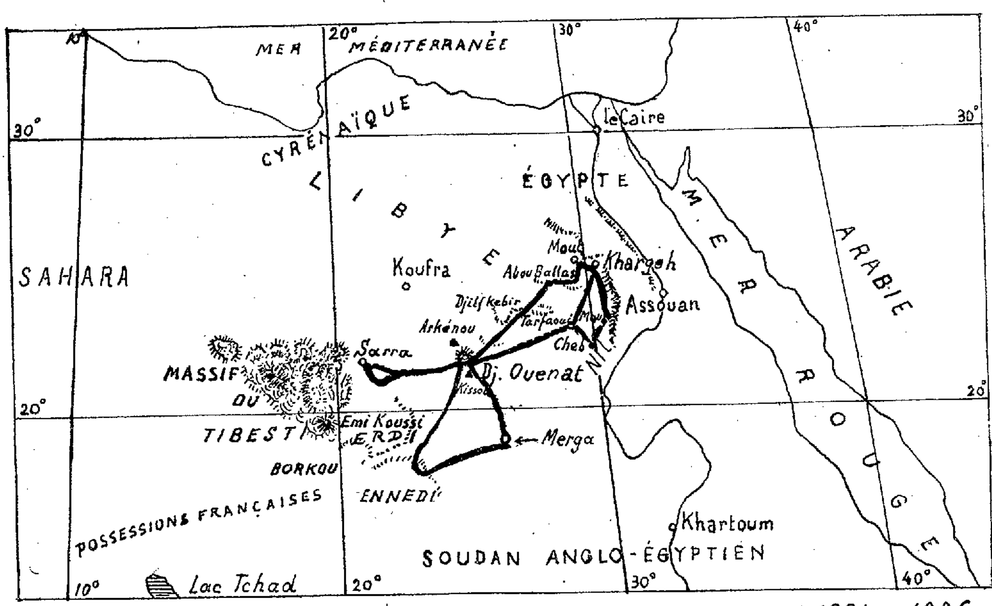
En bordure de chacun de ces plateaux s'allongent de grandes vallées absolument dénudées, derniers vestiges d'un ancien réseau hydrographique dont les eaux s'écoulaient vers le Sud-Est.

---

(1) Voir *Bulletin de l'Institut d'Égypte*, 7, Session 1924-1925. *A la recherche des vestiges laissés par l'expédition Rohlfs*.... Le Caire, 1925, p. 53.

(2) Le puits de Sarra a été reconnu pour la première fois en avril 1914, par le lieutenant Fouché et visité ensuite par M. Bruneau de Laborie en 1923. Ouenat a été atteint pour la première fois par Ahmed Hassanein Bey en 1923.

L'expédition n'a pas rencontré les formidables amoncellements dunaires que l'on supposait exister au cœur du désert libyque ; ce ne sont ici que d'étroits cordons rectilignes, orientés du NNW au SSE, tantôt isolés, tantôt disposés en séries parallèles et séparés par des couloirs (gassis), de largeur variable. La largeur de ces cordons varie de 300 à 500^{m} ; leur longueur de quelques dizaines à plusieurs centaines de kilomètres. En d'autres endroits, les dunes ne sont que des amas de sable plus ou moins irréguliers, généralement adossés à la face sud d'obstacles naturels.



ITINÉRAIRES DU PRINCE KEMAL EL DINE HUSSEIN EN LYBIE DE 1924 à 1926

D'Ouenat à Sarra. — Sur 350^{km} l'itinéraire traverse un plateau gréseux s'élevant de 550 à 650^{m} d'altitude, puis s'abaissant en pente douce vers la dépression de Sarra (cote 465). Sur ce plateau, l'expédition a traversé deux séries de cordons de dunes, s'étalant la première sur 15^{km} de largeur ; la deuxième sur 25^{km}. Tous ces cordons, dans lesquels la concavité des dunes fait face au Nord-Ouest, sont orientés par N60°E, sauf aux abords d'Ouenat et d'Arkenou où, par suite probablement d'un changement local de direction des vents dominants provoqué par ces deux massifs, ils se redressent vers N40°E.

Les massifs cristallins. — Ouenat est un îlot de roches cristallines en partie recouvertes par des grès ; son sommet atteint 1907^{m} d'altitude, sa

superficie est de 1500$^{km^2}$. Les profonds ravins (karkours) qui le découpent en tous sens témoignent de la puissance d'érosion des torrents qui ruisselaient sur ses pentes à une époque relativement récente; aujourd'hui, malgré la rareté des pluies, quelques-uns conservent une humidité souterraine suffisante pour entretenir une végétation arbustive et herbacée peu dense (Acacia Sayal, *Tamarix mannifera, cornulaca monochanta, Leptochloa bipinnata*). Certains possèdent près de leur origine une petite source d'eau douce, de faible débit; sur les parois de grès de leurs flancs ont été relevés des dessins rupestres et une peinture à l'ocre.

D'Ouenat on voit, à 30^{km} au Sud, le pointement de Kissou (altitude 1726^{m} superficie 50$^{km^2}$) et à 25^{km} au Nord-Ouest le massif d'Arkenou (altitude 1400^{m} superficie 300$^{km^2}$ à 400$^{km^2}$). Dans le Sud-Ouest émergent de la plaine de nombreux dykes de très faible superficie, les plus élevés atteignant 200^{m} à 300^{m} de relief.

Le puits de Sarra (21°30′40″N-21°50′36″E) donne en abondance une eau douce dont la température était de 27°C. le 29 janvier 1926. A cette date, la nappe aquifère était à 50^{m},30 de profondeur au lieu de 72^{m} à laquelle l'avait trouvée le lieutenant Fouché, en 1914, après une période exceptionnelle de sécheresse.

Climatologie. — En janvier et février 1926 les températures extrêmes ont oscillé entre — 1° et + 30°C. La rosée a été fréquemment observée avant le lever du Soleil; pendant le jour le degré hygrométrique est resté voisin de 50 pour 100 de la saturation; une pluie très légère a été observée à Abou-Ballas le 4 janvier; des orages ont été aperçus dans l'ouest-sud-ouest d'Ouenat le 11 février. Pendant toute cette période des vents faibles ou très faibles ont soufflé, de direction variable; il n'y a pas été vu de brouillards de sable.

Populations. — Bien que de rares familles gaëdas et toubous, originaires de l'Ennedi, du Tibesti et de Koufra, séjournent de temps à autre dans les maigres pâturages d'Ouenat, (où sont mis au repos de petits troupeaux de chameaux appartenant aux sédentaires de l'oasis de Koufra), la partie centrale du désert de Libye est normalement inhabitée. La palmeraie de Merga elle-même (environ 10000 palmiers autour d'un lac salé d'un hectare de superficie) n'est visitée par les Bideyats de l'Ennedi qu'au moment de la récolte des dattes.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Les bois de l'Indochine*, un volume de texte contenant un *Appendice sur les caractères généraux de la forêt indochinoise*, par H. Guibier, et un Atlas. Publication de l'Agence économique de l'Indochine.

NOMINATIONS.

M. **Louis Bazy** est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie qui aura lieu à Londres, le 5 avril 1927, à l'occasion du centenaire de la naissance de Lord *Lister*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Symboles et notations des mesures métriques et usuelles*, par Adolphe Bouvier. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° *Manuel Pratique et Technique de l'Hybridation des Céréales*, par Michel Maylin. (Présenté par M. J. Costantin.)

3° Marage. *Allopathes et Homœopathes.* (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

4° W. Kopaczewski. *Les ions d'hydrogène. Signification. Mesures. Applications. Données numériques.* (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

5° Maxime Vincent. *Réflexions sur l'utilisation future des énergies naturelles.* Paris, Fischbacher, 1924.

6° Katsouro Hara. *Histoire du Japon des origines à nos jours.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le domaine correspondant aux valeurs d'une fonction analytique.* Note de M. **Paul Montel.**

Considérons une famille de fonctions $f(z)$ holomorphes dans le cercle $(C):|z|<1$. Certaines suites infinies de fonctions $f(z)$ peuvent converger uniformément dans l'intérieur de (C), c'est-à-dire dans tout cercle (C'), concentrique et intérieur à (C). Nous désignerons par (F) l'ensemble formé par les fonctions $f(z)$ et leurs fonctions limites et nous dirons que (F) est une famille fermée de fonctions holomorphes dans (C). Les points d'affixes $Z=f(z)$ correspondant aux valeurs d'une fonction $f(z)$ de la famille remplissent certaines régions du plan des Z. Dans la suite, nous supposerons qu'aucune fonction $f(z)$ ne se réduise à une constante; alors aucune des régions précédentes ne peut se réduire à un point; aucune suite infinie de ces régions ne tend uniformément vers un point limite unique.

Soit

$$(d_1),\quad (d_2),\quad \ldots,\quad (d_n),\quad \ldots$$

une suite infinie d'anneaux circulaires (d), l'anneau (d_n) étant limité par des circonférences concentriques de rayons r_n et $r'_n(r'_n \leqq r_n)$. Nous dirons que la suite infinie d'anneaux (d) est régulière si r_n a pour limite zéro lorsque n croît indéfiniment.

On peut établir la proposition suivante :

Soient (F) *une famille fermée de fonctions* $f(z)$ *holomorphes dans le cercle* (C) *dont aucune ne se réduit à une constante, et une suite régulière d'anneaux* (d). *Il existe un entier* m *tel que la région du plan couverte par les points d'affixes* $f(z)$ *contienne au moins un des anneaux*

$$(d_1),\quad (d_2),\quad \ldots,\quad (d_m).$$

On peut d'ailleurs fixer le centre de l'anneau en un point arbitrairement choisi $f(z_0)$ correspondant à une valeur z_0 telle que $|z_0|\leqq\rho<1$.

Le théorème précédent est applicable, en particulier, dans le cas où l'on fixe les valeurs de $f(z)$ en deux points de (C) pourvu que ces valeurs soient différentes; on peut aussi se donner la valeur de $f(z)$ en un point de (C) et la valeur d'une dérivée de $f(z)$ en ce point ou en un autre point du cercle, pourvu que cette dernière valeur soit différente de zéro. D'une manière générale, on peut imposer à $f(z)$ des conditions telles qu'aucune fonction $f(z)$, ni aucune fonction limite ne soit une constante.

Examinons par exemple le cas où l'on a fixé les valeurs de $f(z)$ et de $f'(z)$ au centre du cercle. On pourra supposer $f(0)=0$, $f'(0)=1$. Les fonctions $f(z)$ seront représentées par un développement

$$f(z)=z+\ldots$$

convergent dans le cercle (C). Appelons (F_1) la famille fermée ainsi constituée. Le théorème est applicable à la famille (F_1).

On peut former une famille (F) au moyen de fonctions univalentes dans (C) puisque toute fonction limite de fonctions univalentes est une fonction univalente ou une constante. Dans ce cas, les points Z ne peuvent couvrir un anneau (d) sans couvrir entièrement le cercle dont la circonférence limite extérieurement cet anneau; donc : *les valeurs des fonctions univalentes d'une famille* (F) *couvrent un cercle de rayon supérieur à un nombre positif.* Dans le cas où les fonctions appartiennent à la famille (F_1), on retrouve un théorème de M. Koebe [1].

Supposons que l'on prenne une suite d'anneaux d'épaisseur nulle $(r'_n=r_n)$. Nous voyons que *les valeurs de chaque fonction* $f(z)$ *d'une famille* (F) *couvrent une circonférence dont le rayon est supérieur à un nombre positif.* Dans le cas où les fonctions appartiennent à la famille (F_1), on obtient un théorème de M. Landau [2].

Si l'on reprend des anneaux d'épaisseur non nulle, on voit, en considérant les cercles inscrits dans chaque anneau, que les points Z relatifs à chaque fonction de la famille (F_1) couvrent un cercle de rayon supérieur à un nombre fixe dont le centre a un argument arbitrairement choisi. M. Fekete [3] a démontré l'existence d'un cercle toujours couvert par les points Z en faisant l'hypothèse supplémentaire que le nombre maximum des zéros de $f(z)$ est donné.

Considérons encore la famille fermée (F') des fonctions $f(z)$ nulles à l'origine et telles que le maximum de $|f(z)|$ sur une circonférence fixe soit égal à l'unité : une telle famille ne contient pas de constante et le théorème est applicable. Si l'on prend des anneaux d'épaisseur nulle, on retrouve un théorème de M. H. Bohr [4].

---

(1) *Ueber die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven* (*Göttinger Nachrichten*, 1907, p. 191-210).

(2) *Zum Koebeschen Verzerrungssatz* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, **46**, 1922, p. 347).

(3) *Zum Koebeschen Verzerrungssatz* (*Göttinger Nachrichten*, 1926, p. 142-150).

(4) *Scripta Univ. atque Biblioth. Hierosolymitanarum*, **1**, 1926, p. 1.

Enfin, on peut étendre à la famille (F) une proposition que M. Valiron a récemment démontrée pour la famille (F_1) et qu'il m'a obligeamment communiquée : les points Z relatifs à chaque fonction recouvrent un cercle variable, de rayon supérieur à un nombre positif, et contenant le point $Z=0$ à l'intérieur.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la possibilité de plonger un espace riemannien donné à n dimensions dans un espace euclidien à* $\frac{n(n+1)}{2}$ *dimensions.* Note de M. **Maurice Janet.**

Étant donnée une forme quadratique de différentielles $\Sigma a_{ik}\,du_i\,du_k$ où les a sont des fonctions données des n variables $u_1, u_2, \ldots, u_n$, peut-on trouver $\frac{n(n+1)}{2}$ fonctions $x, y, \ldots$ de $u_1, u_2, \ldots, u_n$ telles que

$$dx^2 + dy^2 + \ldots = \Sigma a_{ik}\,du_i\,du_k\,?$$

On a souvent admis qu'il en est ainsi en remarquant simplement que le problème posé consiste à trouver $\frac{n(n+1)}{2}$ fonctions satisfaisant à *autant* d'équations aux dérivées partielles. Mais, à ma connaissance, on ne l'a jamais prouvé d'une manière rigoureuse.

En admettant la proposition pour le cas général de $n-1$ variables, je démontre que l'on peut passer au cas de n variables, et que la solution dépend alors, *en général*, de n fonctions arbitraires de $n-1$ variables.

Ce passage est soumis, il est vrai, à une certaine restriction : on doit supposer qu'un certain système (S) d'équations algébriques n'a pas pour conséquence une certaine équation algébrique (E) ; (S), (E) sont aisés à former. Il resterait à examiner le cas où (S) entraîne (E) ; il conviendrait tout d'abord de préciser les conditions auxquelles doivent satisfaire les a pour qu'il en soit ainsi.

Si $n=2$, la condition nécessaire et suffisante pour que le cas exceptionnel se présente, est que la forme quadratique donnée

$$a_{11}\,du_1^2 + 2\,a_{12}\,du_1\,du_2 + a_{22}\,du_2^2,$$

soit le *carré d'une différentielle totale exacte*, et ce cas se traite immédiatement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Intégration d'un système comprenant une infinité d'équations différentielles ordinaires à une infinité d'inconnues.* Note [1] de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Pour intégrer un tel système *infini* [2], donné sous la forme canonique

$$\text{(E)} \qquad \frac{dy_i}{dx} + \lambda f_i(xy_1y_2\ldots) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots \text{ ad inf.})$$

(où λ est un paramètre), nous allons utiliser l'équation aux dérivées partielles (à une *infinité* de variables $x, y_1, y_2, \ldots$) :

$$\text{(P)} \qquad \frac{\partial\varphi(xy_1y_2\ldots)}{\partial x} = \lambda \sum_{i=1}^{i=+\infty} f_i(xy_1y_2\ldots)\frac{\partial\varphi(xy_1y_2\ldots)}{\partial y_i}.$$

Celle-ci, moyennant les mêmes hypothèses (α) et (β) que précédemment [3] sur les domaines d'holomorphie $\Delta_0, \Delta_1, \Delta_2, \ldots$ des coefficients f_i et de la fonction $\psi(y_1, y_2\ldots)$, a, comme nous l'avons vu, une solution holomorphe $\varphi(xy_1y_2\ldots, \psi\xi)$, qui se réduit en un point *arbitraire* $x = \xi$ à une fonction *arbitraire* $\psi(y_1y_2\ldots)$ et dont nous avons obtenu une expression.

II. Or il est clair que *toute* solution φ de (P) demeure constante, lorsque les variables x et y_i sont liées par les équations (E) (car alors $d\varphi = 0$). Donc si le système (E) a un ensemble d'intégrales $y_i(x)$ $(i = 1, 2, \ldots, +\infty)$, égales à des valeurs données b_i en un point donné $x = a$ (*Conditions de Cauchy*), elles devront satisfaire à l'équation

$$\text{(A)} \qquad \varphi(xy_1y_2\ldots, \psi\xi) = \varphi(ab_1b_2\ldots, \psi_a\xi),$$

ψ_a désignant $\psi(b_1b_2\ldots)$ [4]; par suite aussi, pour $\xi = a$, à celle-ci :

$$\text{(B)} \qquad \varphi(xy_1y_2\ldots, \psi a) = \psi(b_1b_2\ldots).$$

---

[1] Séance du 15 novembre 1926.

[2] M. Helge von Koch a montré dans un beau Mémoire (*Oefversigt af K. Sv. Vet. Ak. Förh.*, **56**, p. 395, Stockholm, 1899) l'intérêt que présentent même en analyse de pareils systèmes, dont la considération s'impose notamment dans certains problèmes relatifs aux équations aux dérivées partielles.

[3] *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 643.

[4] Inversement d'ailleurs, il est facile de voir que si des fonctions $y_i(x)$ satisfont aux équations obtenues en prenant pour ψ, dans (A), une suite infinie de fonctions

Comme on peut évidemment échanger en même temps x avec a et chaque y_i avec b_i dans (A) et (B), lesdites intégrales vérifient nécessairement la relation

(B *bis*) $$\varphi(ab_1 b_2 \ldots, \psi_a x) = \psi(y_1 y_2 \ldots),$$

ainsi que la suivante, qu'on en déduit en prenant $\psi(y_1 y_2 \ldots) \equiv y_i$,

(C) $$\varphi(ab_1 b_1 \ldots, b_i x) = y_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, +\infty).$$

Ainsi donc un tel ensemble d'intégrales y_i sera représenté explicitement par les expressions (C) *et sera par conséquent unique. Bien plus, l'équation* (B *bis*) *nous donne directement une expression d'une fonction* QUELCONQUE *de ces intégrales* (¹), *sous forme d'une série* $\sum_{n=0}^{n=+\infty} u_n(x b_1 b_2 \ldots)$, *entière en* λ, *dans laquelle* $u_0 = \psi_a$ *et où* u_n *résulte de* u_{n-1} *par la formule*

(D) $$u_n(xb_1 b_2 \ldots) = \lambda \int_x^a \sum_{i=1}^{i=+\infty} f_i(tb_1 b_2 \ldots) \frac{\partial u_{n-1}(tb_1 b_2 \ldots)}{\partial b_i} dt.$$

D'où en particulier l'expression (C) *de* y_i *quand* $\psi_a \equiv b_i$. *Ces expressions* (B *bis*) *et* (C) *sont d'ailleurs valables dans le domaine* K, *qui comprend tous les points de* Δ_0 *situés à une distance de* a *inférieure à* $\frac{1}{|\lambda|\sigma}$; cela, sous la seule réserve de l'hypothèse (β) (modifiée en choisissant $\eta_i = b_i$, ce qui permet de faire $\varepsilon = 0$) (²).

III. Pour établir *l'existence des solutions*, nous allons démontrer que, *réciproquement, les fonctions holomorphes* $y_i(x)$, *représentées dans* K *par les*

---

distinctes telles que y_i, elles vérifient les équations (E). La recherche des solutions de (E) est ainsi ramenée à celle de fonctions implicites. — Cette méthode peut s'étendre à des *conditions initiales plus générales que celles de Cauchy* comme pour les systèmes finis (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1093 et 2006).

(¹) Remarquons qu'en désignant $\varphi(ab_1 b_2 \ldots, \psi_a x)$ par $\Phi(\psi_a)$, les relations (B *bis*) et (C) entraînent cette *loi générale de réciprocité :*

$$\Phi[\psi(b_1 b_2)] = \psi[\Phi(b_1), \Phi(b_2), \ldots].$$

(²) Si le système (E) se réduit à une seule équation à une inconnue, le domaine K redonne bien celui trouvé dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 725), et notamment, lorsque Δ_0 est un cercle, *le domaine de M. E. Picard* (*Analyse*, **2**, 1893, p. 312).

expressions (C) [*sous réserve de l'hypothèse* (β) *modifiée*], *satisfont effectivement au système* (E). En effet, ξ étant un point *arbitraire* de K, désignons $y_i(\xi)$ par ω_i et $\varphi(\xi\,\omega_1\,\omega_2\ldots,\omega_i x)$ par $Y_i(x)$. Les fonctions holomorphes $y_i(x)$ et $Y_i(x)$, égales à ω_i pour $x=\xi$, ont même valeur dans une partie de K. Or, pour $x=\xi$, $\left(\frac{dY_i}{dx}\right)_{x=\xi}$ est visiblement égal à $-\lambda f_i(\xi\omega_1\,\omega_2\ldots)$ ou

$$-\lambda f_i[\xi Y_1(\xi)\, Y_2(\xi)\ldots].$$

Donc les $Y_i(x)$, et par suite les $y_i(x)$, vérifient (E) au point ξ. Comme celui-ci est un point quelconque de K, les fonctions $y_i(x)$ sont bien solutions du système (E). C. Q. F. D.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la régularité de la croissance.* Note [1] de M. N. **Podtiaguine**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note précédente [2] j'ai considéré un mode nouveau de définir l'ordre de la croissance des fonctions. Dans la Note présente je veux parler de la régularité de la croissance des fonctions.

Quand on compare la croissance de la fonction $y=y(x)$ à celle de la variable indépendante x, les fonctions

$$v,\ v_1,\ v_2,\ \ldots,\ v_n$$

définies dans ma Note précédente prennent la forme plus simple

$$v=\frac{xy'}{y},\qquad v_1=\frac{xv'}{v},\qquad v_2=\frac{xv'_1}{v_1},\qquad \ldots,\qquad v_n=\frac{xv'_{n-1}}{v_{n-1}}.$$

Nous dirons que la croissance de la fonction y est *régulière*, si l'ordre de grandeur de y par rapport à x est égal à k (k est un nombre positif quelconque) ou $\omega^n k$, ou encore $k\omega^{-n}$. La fonction dont la croissance est régulière sera appelée par nous aussi *régulière*.

Toute fonction régulière dans le sens que nous venons de donner est régulière aussi dans le sens de M. E. Borel [3]. En effet, si nous supposons, par exemple, que l'ordre de grandeur de la fonction y est égal à $\omega^n k$, nous

---

(1) Séance du 3 novembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 340.

(3) *Leçons sur la théorie de la croissance*, Paris, 1910, p. 36, 39-40; *Leçons sur les fonctions entières*, Paris, 1900, p. 107.

aurons

$$\lim_{x=\infty} v_n = k$$

et, par conséquent,

$$\lim_{x=\infty} \frac{\log_{n+1} y(x)}{\log x} = \lim_{x=\infty} \frac{xy'}{y \log y \log_2 y \ldots \log_n y} = \lim_{x=\infty} \frac{v}{\log y \log_2 y \ldots \log_n y} = k,$$

à cause de la propriété 9 de la Note précédente. Il en résulte qu'il existe toujours une valeur de x à partir de laquelle on a constamment

$$e_n(x^{k-\varepsilon}) < y < e_n(x^{k+\varepsilon}),$$

quelque petit que soit le nombre positif ε donné à l'avance. Donc la fonction y est une fonction régulière au sens de M. Borel.

Nous allons maintenant indiquer quelques théorèmes concernant les fonctions régulières qui caractérisent bien la régularité de leur croissance.

THÉORÈME 1. — *Si la fonction $y = y(x)$ ne décroît jamais et si la fonction*

$$v(x) = \frac{xy'}{y}$$

est finie pour $x = +\infty$, on a toujours

$$\lim_{x=\infty} \frac{y[x + y_1(x)]}{y(x)} = 1,$$

$y_1(x)$ étant une fonction positive quelconque vérifiant l'égalité

$$\lim_{x=\infty} \frac{y_1(x)}{x} = 0 \quad [1].$$

Ce théorème n'exige point que la fonction y soit régulière. Il faut seulement que la fonction $v(x)$ soit finie pour $x = +\infty$.

THÉORÈME 2. — *Toute fonction régulière $y = y(x)$ dont l'ordre de grandeur est égal à $\omega^n k$ vérifie l'égalité*

$$\lim_{x=\infty} \frac{y\left\{x + \dfrac{y_1(x)}{\log y(x) \log_2 y(x) \ldots \log_n y(x)}\right\}}{y(x)} = 1,$$

$y_1(x)$ étant une fonction positive quelconque vérifiant la condition

$$\lim_{x=\infty} \frac{y_1(x)}{x} = 0.$$

---

[1] Ce théorème était démontré par M. Bortolotti pour le cas $y_1(x) = 1$ (*Annali di Matematica*, 3e série, 21, 1913-1914, p. 295).

COROLLAIRE. — *Toute fonction régulière $y(x)$ d'ordre de grandeur égal à $\omega^n k$ vérifie l'égalité*

$$\lim_{x=\infty} \frac{y\left\{x+\dfrac{y_1(x)}{\log y(x)\log_2 y(x)\ldots\log_{p-1} y(x)[\log_p y(x)]^{1+\eta}}\right\}}{y(x)} = 1,$$

quelque petit que soit le nombre positif η, p étant un nombre entier et positif quelconque et $y_1(x)$ une fonction positive vérifiant l'égalité

$$\lim_{x=\infty} \frac{y_1(x)}{x} = 0.$$

THÉORÈME 3. — *Toutes fonctions régulières $y(x)$ et $y_1(x)$ dont les ordres de grandeur sont égaux respectivement aux nombres positifs k et k_1 vérifient, à partir d'une certaine valeur de x_1 les inégalités*

$$[y(x)]^{k_1-\varepsilon} < y[x+y_1(x)] < [y(x)]^{k_1+\varepsilon}$$

si $k>1$, et les inégalités

$$[y(x)]^{1-\varepsilon} < y[x+y_1(x) < [y(x)]^{1+\varepsilon}$$

si $k \leqq 1$, quelque petit que soit le nombre positif ε donné à l'avance.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les spectres cinématographiques de l'écoulement plan des fluides autour d'obstacles variés.* Note de MM. **A. Toussaint** et **E. Carafoli**, présentée par M. J.-L. Breton.

Nous avons déjà décrit [1] succinctement le tunnel hydrodynamique dont nous faisons usage pour prendre des films représentant l'évolution du mouvement plan des fluides réels.

La présente Note a pour objet de commenter ces films en indiquant les principales remarques qui se dégagent de leur examen.

Pour les obstacles classiques : plan mince normal au courant et cylindre circulaire, les films montrent que les lignes de courant frappant l'obstacle en amont déferlent et se forment en tourbillons qui suivent le contour de l'obstacle. Mais ce déferlement ne se produit qu'aux faibles vitesses du courant, pour lesquelles la viscosité influence considérablement la distribution des vitesses aux parois du tunnel et au contact de l'obstacle. Il en résulte

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1268.

que l'écoulement réel à ces faibles vitesses s'écarte beaucoup de l'écoulement plan théorique, de sorte qu'il peut naître en certains points des vitesses perpendiculaires au plan de l'écoulement. C'est principalement au point critique de la ligne de courant médiane que s'amorcent ces déferlements; ils disparaissent d'ailleurs rapidement quand on augmente la vitesse.

Pour les faibles vitesses on observe en aval un sillage d'eau morte dont les surfaces de séparation avec le courant général tendent à devenir instables à quelque distance en arrière. Cette instabilité qui donne naissance à des mouvements tourbillonnaires, augmente avec la vitesse, de sorte qu'aux vitesses moyennes (0,30 à 0,50 m : sec, suivant les dimensions de l'obstacle) on observe un sillage complètement tumultueux avec des surfaces de séparation moyennes sensiblement parallèles au courant général.

Si l'on augmente encore la vitesse on voit apparaître les tourbillons alternés de Bénard, qui, en s'éloignant en aval, s'élargissent et augmentent l'importance du sillage.

L'augmentation ou le ralentissement brusques de la vitesse donnent naissance, aux points de décollement, à un couple de tourbillons de circulations inverses. Il en est de même si l'on change brusquement l'incidence du modèle par rapport au courant.

Pour tous les obstacles l'évolution des phénomènes avec la vitesse est analogue. Mais pour les « contours bien profilés » et aux incidences modérées, les sillages sont très réduits et les lignes de courant contournent d'autant mieux ces profils que la vitesse est plus grande; elles semblent alors obéir à un potentiel. En particulier, en amont des profils d'ailes sustentatrices on observe bien le point de vitesse nulle et le contournement remarquable du profil suivant la théorie des ailes sustentatrices.

Enfin, pour les profils à fentes, aux grandes vitesses et aux grandes incidences, on voit que le passage du fluide à travers les fentes diminue l'importance des décollements par rapport à celle du profil enveloppe placé dans les mêmes conditions. Ceci explique la possibilité, pour les profils à fentes, de donner des sustentations maxima plus élevées que celles des profils pleins correspondants.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la rotation d'une masse hétérogène. Évolution et fractionnement. Cas de Jupiter et de Saturne.* Note [1] de M. **A. Véronnet**, transmise par M. Appell.

Soit une masse fluide hétérogène soumise à l'attraction de ses parties, à l'état de régime permanent, on suppose seulement que la vitesse de chaque molécule se réduit à chaque instant à une rotation élémentaire quelconque. On démontre d'abord que toutes les rotations doivent se faire autour du même axe. L'équation de l'équilibre hydrodynamique s'écrit alors

$$\frac{1}{\rho}\,dp = (X + \omega^2 x)\,dx + (Y + \omega^2 y)\,dy + Z\,dz = -dU. \tag{1}$$

Si les surfaces d'égale densité ρ et d'égale pression p coïncident, ou si $\rho = f(p)$, le second membre doit être une différentielle exacte et réciproquement. On obtient les deux conditions

$$x\frac{\partial\omega^2}{\partial y} - y\frac{\partial\omega^2}{\partial x} = 0, \tag{2}$$

$$\frac{\partial\omega^2}{\partial z} = 0. \tag{3}$$

On déduit de ces équations plusieurs conséquences intéressantes :

1° Il y a *deux solutions :* ou bien ω est constant. La masse tourne tout d'une pièce, en équilibre relatif. On sait que les surfaces de niveau ne peuvent pas être alors des ellipsoïdes (Hamy), sauf si la densité est constante, masse homogène. Ou bien chaque molécule décrit un cercle avec une vitesse de rotation constante. La condition (2) est alors identiquement satisfaite et la condition d'équilibre se réduit à l'équation (3). Ainsi dans l'équilibre hydrodynamique d'une masse hétérogène en rotation, *les surfaces de niveau doivent être de révolution* et la *vitesse de rotation doit être la même pour toutes les molécules situées à la même distance de l'axe de rotation.*

2° Pratiquement on suppose connue la loi de variation des densités. Si l'on se donne la courbe méridienne on pourra déterminer la loi de variation des vitesses de rotation des couches cylindriques, du centre à la surface, et réciproquement. *Il y a une solution et une seule dans tous les cas.*

3° La formule est applicable à une *masse homogène*. Pour que la figure

---

[1] Séance du 15 novembre 1926.

soit ellipsoïdale il faut que la vitesse de rotation soit la même pour toutes les molécules et réciproquement. Il n'y a pas d'autre solution.

4° Pour une masse hétérogène il est impossible de réaliser un équilibre hydrodynamique quelconque avec des ellipsoïdes à trois axes. Par conséquent il est inutile pratiquement d'étudier les figures dérivées de ces ellipsoïdes, en particulier la figure piriforme ou ovoïde. *Une masse hétérogène ne peut suivre que l'évolution des ellipsoïdes de révolution.*

5° J'ai, dans ma Thèse, encadré le cas correspondant à la condition d'équilibre (3), entre celui des ellipsoïdes homofocaux et celui des ellipsoïdes homothétiques. J'ai montré que la variation de l'aplatissement avec la vitesse de rotation est comprise entre celle d'une masse homogène ayant la même densité moyenne et celle d'une masse homogène ayant la même densité centrale (*Journal de Math.*, 1912). *Il n'y a pas d'autre solution.*

6° Si l'on admet une contraction homogène, qui conserve la loi des densités et le moment cinétique, ce qui est le cas pratique de l'évolution des astres (Laplace et Liouville), on peut montrer que la *variation de la densité et du grand axe* est délimitée de même par celle de deux ellipsoïdes homogènes. Elle est donc la même que celle qui est indiquée dans le *Traité de Mécanique*, de P. Appell (t. 4, n° 23 et 25 *bis*). La Terre, à la limite de contraction, tendrait vers un disque aplati d'une dizaine de kilomètres de rayon. A aucun moment il n'y aurait égalité entre la force centrifuge et l'attraction ni possibilité de fractionnement. L'étude d'une masse hétérogène est ainsi ramenée complètement à celle d'une masse homogène et toutes les conclusions des travaux de Poincaré lui sont applicables. Les figures dérivées des ellipsoïdes, les points de bifurcation et d'échange des stabilités sont également déterminés comme compris entre deux limites. *Le problème de la rotation d'une masse hétérogène ellipsoïdale se trouve ainsi résolu aussi complètement que celui d'une masse homogène.*

7° Avec une *rotation uniforme* d'un seul bloc, équilibre relatif, les surfaces de niveau ne seraient plus ellipsoïdales. Elles se creusent de plus en plus entre le pôle et l'équateur, avec tendance à la formation d'un anneau équatorial, comme dans l'expérience de Plateau. L'étude n'en a été faite qu'en première approximation, comme celle des figures dérivées des ellipsoïdes d'ailleurs. Il serait intéressant de la poursuivre. La figure réelle s'encadre probablement entre les deux figures ellipsoïdales indiquées cidessus. En tout cas *pratiquement aucun astre n'a pu provenir ainsi d'un fractionnement*, car les vitesses actuelles sont beaucoup trop faibles, et elles le seraient encore plus en remontant dans le passé, avec des masses plus dilatées.

8° Ainsi les matériaux qui ont formé les *anneaux de Saturne* n'ont pas pu provenir d'éléments tournant avec la vitesse de la planète. Ils devaient avoir dès le début une vitesse de rotation beaucoup plus grande que celle-ci, et dont le calcul détermine le rapport. *Ils doivent provenir alors d'un satellite ou d'un autre astre capté par l'atmosphère de la planète.*

9° La loi de rotation (3) explique également les *bandes parallèles de Jupiter et de Saturne et les taches du Soleil.* Du moment qu'il y a sur un astre des vitesses de rotation différentes, elles doivent nécessairement affleurer et produire des bandes et des tourbillons à la surface.

GÉODÉSIE. — *Sur les 21e et 22e campagnes de la description géométrique détaillée des Alpes françaises.* Note de M. **P. Helbronner**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Dans ma Communication du 16 novembre 1925, j'avais présenté l'ensemble des opérations effectuées dans les mois précédents pour la jonction directe de la Corse aux extrémités de ma Chaîne Méridienne des Alpes françaises. J'avais également résumé l'exécution d'une chaîne fondamentale traversant la Corse du Nord au Sud, puis la série des opérations réalisées pour la détermination de positions astronomiques sur la périphérie et au centre de l'île, en vue, à la fois, du prolongement, jusqu'au détroit de Bonifacio, de la mesure de l'arc de méridien compris entre le Jura et la Méditerranée, et, aussi, en vue d'études locales de la déviation de la verticale; enfin j'avais fait part du début de la documentation nécessaire aux rattachements de ma chaîne primordiale avec les réseaux de premier ordre italien de 1879-1881 qui aboutissaient d'un côté, dans l'archipel toscan, aux îles de Capraia, d'Elbe et de Montecristo et qui couvraient d'un autre côté le territoire de la Sardaigne.

Si l'opération principale, c'est-à-dire la jonction géodésique directe de la Corse au Continent français, avait pu être entièrement terminée en 1925, il restait cependant trois programmes à compléter : il fallait, en premier lieu, achever, au nord de la ligne Rotondo-Cinto, la chaîne méridienne fondamentale, dont trois sommets visés des autres stations restaient à occuper; en second lieu, achever le rattachement des trois îles de l'archipel toscan par l'établissement de nouvelles directions venant concourir, avec celles de l'année précédente, à la compensation mathématique des intersections déterminant les positions du Monte Castello dans l'île de Capraia, du

Monte Capannè dans l'île d'Elbe et de la Punta Fortezza dans l'île de Montecristo; enfin, en dernier lieu, terminer le rattachement de deux des stations astronomiques (celles de Bastia et d'Ile Rousse) à ma chaîne méridienne (trois autres : celles de Calacuccia, de Pertusato et d'Ajaccio avaient déjà été reliées en 1925; j'avais également réservé l'occupation de la sixième, celle d'Alistro, pour 1926).

Ces buts ont été complètement réalisés au cours d'un nouveau séjour de six semaines dans l'île, en mai et juin derniers, pendant lequel une douzaine de stations principales ont été occupées. Pour le premier de ces buts, les sommets du Monte San Pedrone, du Monte Pigno et du Monte Asto; pour le second, ceux du Monte San Appiano, du Monte Osari, les sémaphores d'Alistro et d'Ile-Rousse, le Phare de la Pietra, la Digue de Bastia procurèrent le nombre recherché d'équations surabondantes. Quant au troisième, des observations au cours des séjours prolongés sur quelques-unes de ces positions, y satisfirent amplement, par des séries à nombreuses réitérations dirigées sur les points culminants des trois îles toscanes, qui se trouvent finalement rattachées par des compensations basées respectivement sur quatre ou cinq lieux géométriques.

D'ores et déjà sont terminés également tous les calculs relatifs à la Chaîne Méridienne de Corse et aux jonctions avec les îles toscanes à l'Est et avec la Sardaigne au Sud.

En juillet et en août, pour continuer l'achèvement de mes réseaux détaillés des Alpes, j'ai mis tout d'abord à exécution mon projet nouveau de leur extension au massif du Dévoluy. Une trentaine de stations, parmi lesquelles le Pic de Bure (2710^{m} E.M.), point de premier ordre de la triangulation primordiale du Dépôt de la Guerre, et la Grande Tête de l'Obiou (2795^{m} E.M.) en ont formé l'ossature principale.

Poursuivant en septembre, dans les Alpes Maritimes, la description géométrique détaillée des territoires limitrophes de ceux couverts dans des campagnes antérieures, je me suis appliqué à multiplier, pour des raisons spéciales urgentes, les stations permettant la définition serrée des massifs du Haut Var et de la Haute Tinée. La Cime de Pal (2810^{m} E.M.), la Tête de Gravières (2340^{m}), et plusieurs autres belvédères importants en marquèrent les principaux jalons. J'installai successivement les centres de mes rayonnements à Saint-Martin-d'Entraunes, à Saint-Étienne-de-Tinée, enfin à Beuil, complétant, avec une grande densité, les réseaux déjà amplement documentés au cours des occupations de 1923 pour ma chaîne fondamentale de Dauphiné-Provence.

Une quarantaine de stations nouvelles en fournirent les éléments.

Enfin la dernière partie de cette vingt-deuxième campagne fut marquée par plusieurs séjours à l'Observatoire du Mont Gros, à Nice, pour y parfaire l'utilisation des importantes données astronomiques — dont les études poursuivies depuis une quarantaine d'années sur les deux cercles méridiens permettent d'espérer les déterminations les plus précises pour les azimuts et les coordonnées de contrôle — nécessaires à la mesure de l'Arc de Méridien en voie de calcul.

Ces deux campagnes, qui se sont poursuivies effectivement sur le terrain pendant quatre mois et demi, ont élevé à près de dix-huit cents le nombre des stations géodésiques occupées pour ma Description géométrique détaillée des Alpes françaises.

ACOUSTIQUE. — *Accroissement de l'intensité et de la durée d'extinction du son.* Note de M. **Th. Vautier.**

Nous avons eu l'occasion de disposer d'une cuve cylindrique fermée en ciment armé installée dans une propriété viticole du Midi : cette cuve a un volume d'environ 50^{m^3} (diamètre 4^m, hauteur 4^m); elle est munie sur le fond supérieur d'une porte d'entrée, qui est restée fermée pendant nos expériences et, sur la surface latérale, d'un orifice destiné à l'extraction des marcs, qui est resté ouvert pendant nos essais; c'est par cet orifice que nous avons fait entrer un violoncelle (attribué au luthier italien Guarnerius) et que nous avons passé le haut du corps pour jouer de l'instrument. Dès que l'archet attaque une note, on est émerveillé par la beauté du son dont s'emplit la cuve, son intensité dépasse de beaucoup celle que l'on obtient à l'air libre; il rappelle un son d'orgue dans une cathédrale. Cette amplification est si grande que l'on ne distingue pas à l'oreille l'instant où l'archet abandonne la corde; il s'écoule en effet alors 1 à 2 secondes environ pendant lesquelles il semble que le son continue à être filé, tandis qu'il s'amortit brusquement, lorsque l'instrument est joué à l'air libre, dès que l'archet quitte la corde. L'intensité du son, forte, moyenne ou faible, que l'on établit dans la cuve arrive presque instantanément à l'état permanent dès que l'on a attaqué l'instrument, l'archet ayant parcouru quelques centimètres; à partir de ce moment l'énergie fournie à l'instrument joué à intensité constante compense l'énergie dissipée; la mesure de la durée d'extinction du son s'applique donc à un état suffisamment défini. Les sons du violon-

celle ont été émis tantôt en sons filés, tantôt en pizzicato : nous avons mesuré le temps que le son met à s'éteindre, compté depuis le moment où l'archet quitte la corde jusqu'à celui où l'oreille cesse de le percevoir.

Les résultats de ces mesures sont inscrits dans le tableau suivant : ce sont les moyennes d'un assez grand nombre d'expériences concordantes. Rappelons que l'ut_1 et sol_1 sont des cordes filées.

Note.	Durées d'extinction en secondes. Archet. Fort.	Archet. Faible.	Pizzicato. Fort.	Pizzicato. Faible.
ut_1	20	14,5	19	16
sol_1	17,5	11,5	18,5	9
$ré_2$	14,5	10	17	8,5
la_2	14	10,5	12	7
la_3 harmon.	11	9		
la_3 appuyé	13		14	

On peut tirer de ce tableau les conclusions suivantes : 1° l'extinction du son, que l'oreille estime instantanée à l'air libre, a une durée considérablement accrue dans la cuve : elle demande 20 secondes environ, que la corde soit frottée ou pincée ; 2° cette durée diminue notablement à mesure que la hauteur du son augmente, elle passe en effet, dans l'intervalle de l'ut_1 au la_3, de 20 à 13 secondes pour les sons forts et de 15 à 9 secondes pour les faibles. Cette variation est sensiblement la même lorsque la note est émise en pizzicato (corde pincée) pour les sons forts, elle est comprise entre 16 et 7 secondes pour les sons faibles; 3° la durée d'extinction est notablement plus grande pour les notes jouées fort que pour celles jouées faiblement (pincées ou frottées). La différence peut varier de 1/3 à 1/4 (archet) et même à 1/2 (pizzicato). Il semble que la durée d'extinction du son pourrait servir de mesure à l'énergie sonore de la masse d'air vibrant au moment où l'instrumentiste cesse de jouer, c'est-à-dire à partir d'un état stationnaire défini où l'apport de l'instrument ne sert plus qu'à entretenir l'intensité du son et non pas à l'augmenter ; en outre, cette énergie étant fonction du carré de l'amplitude de la molécule d'air vibrant, sa mesure permettrait de déterminer la valeur de cette amplitude, si difficile à mesurer directement ; il vaudrait la peine d'étendre à d'autres instruments et réservoirs des expériences analogues aux nôtres; les conditions pouvant influencer la viscosité de l'air, notamment la température et l'humidité, seraient à rendre constantes.

A quelle cause peut-on attribuer l'effet produit par la cuve sur l'ampleur, la qualité du son, la durée de son extinction? Si l'on joue l'instrument dans une chambre ordinaire de même volume, non seulement rien de pareil ne se produit, mais si cette chambre a des tentures contre les murs, un tapis sur le sol, la qualité du son sera altérée, la chambre agira en sens inverse de la cuve : est-ce la différence de forme qui intervient? On doit invoquer plutôt l'influence de la paroi rigide et lisse, car un son musical s'altère sur des parois non rigides et non unies. La cuve semble donc avoir une influence attribuable surtout aux effets de la réflexion; elle offre quelque analogie avec l'enceinte du corps noir dont le rayonnement interne demeure constant et qui définit une température lorsque l'afflux de chaleur compense les diverses pertes, établissant ainsi un état stationnaire déterminé.

Les corps creux profonds à parois rigides, ouverts dans le haut, donnent aussi des effets acoustiques que l'on peut rattacher au renforcement produit par la cuve cylindrique fermée.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Radiogoniomètres et radiophares à maximum accentué.* Note de M. **Léon Bouthillon**, transmise par M. André Blondel.

Considérons un système A de n cadres simples, ou $n+1$ groupes d'antennes (appelé ci-dessous système A d'ordre n), remplissant les conditions suivantes :

1° Les éléments sont implantés en ligne droite, à intervalles égaux; ils sont tous dans le même plan : c'est une application du principe général des rideaux d'antennes indiqué par M. Blondel en 1902.

2° Les efficacités totales des éléments successifs (sommes des produits hauteur efficace $\times$ intensité à la base pour les diverses antennes du groupe, ou somme des produits surface $\times$ intensité des diverses spires du cadre) sont proportionnelles aux coefficients du binome de Newton d'exposant égal au nombre d'éléments.

3° Deux éléments successifs sont déphasés de 180°.

Des systèmes semblables, mais dans lesquels les éléments successifs sont en phase, ont été étudiés par Bellini en 1914.

Des cas particuliers des systèmes A ont été décrits par Chiriex en 1923.

On démontre facilement que le diagramme d'émission ou de réception d'un système A a la forme d'un 8 de largeur d'autant plus réduite que

le nombre d'éléments est plus grand. Le maximum est dans le plan du système; les zéros dans les directions perpendiculaires. Tant que l'intervalle entre éléments est petit par rapport à la longueur d'onde, la forme du diagramme est indépendante de la grandeur de cet intervalle et des dimensions des cadres ou antennes. La courbe polaire qui le représente est

$$p = p_1 \cos^n \alpha,$$

α étant l'angle de la direction considérée avec le plan du système.

Un tel système peut évidemment être utilisé comme radiogoniomètre ou comme rodiophare, s'il est mobile autour d'un axe vertical. Mais l'énergie émise ou reçue peut être considérablement augmentée en utilisant des systèmes d'antennes ou de cadres *fixes* construits plus grands.

Examinons par exemple le problème du radiogoniomètre, étant entendu qu'il est identique à celui du radiophare tournant.

Considérons $n+1$ systèmes $A_1, A_2, \ldots, A_{n+1}$, d'ordre n, identiques, régulièrement répartis autour d'une verticale. Relions-les à des dispositifs $B_1, B_2, \ldots, B_{n+1}$ composés chacun de n couples de bobines, l'une fixe, l'autre mobile autour d'un diamètre de la première; la bobine fixe du premier couple est reliée au système d'ordre n correspondant; la bobine mobile à la bobine fixe du second couple; la bobine mobile du second couple à la bobine fixe du troisième et ainsi de suite, la dernière bobine mobile aux appareils de réception. Dans tous les couples, les bobines mobiles font par construction le même angle φ avec les bobines fixes correspondantes. Dans ces conditions, la force électromotrice induite dans la dernière bobine mobile est proportionnelle à $\cos^n\varphi$. Les dernières bobines mobiles des systèmes B sont reliées à un même circuit de réception.

Attribuons l'indice p aux éléments du système A_p et du dispositif B_p; la force électromotrice dans la dernière bobine mobile de B_p s'écrit

$$\mathcal{E}_p = k \cos^n \alpha_p \cos^2 \varphi_p \cos\left[\omega t + n\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi d}{\lambda}\cos\alpha_p\right) + \chi\right],$$

χ étant la différence de phase introduite par un dispositif B, α_p étant l'angle de la direction d'incidence des ondes avec le plan du système A_p. On a

$$\alpha_p = \alpha_1 + \frac{p-1}{n+1}, \qquad \varphi_p = \varphi_1 + \frac{p-1}{n+1},$$

cette valeur de φ_p étant obtenue par réglage préalable du dispositif B_p.

La force électromotrice totale appliquée à la réception est $\sum_{1}^{n+1} \mathcal{F}_p$; si $\frac{\pi d}{\lambda}$ est très petit par rapport à la longueur d'onde, tous les $\mathcal{F}_n$ sont sensiblement en phase et l'amplitude F est la somme des amplitudes des $\mathcal{F}_p$

$$F = k\sum_{1}^{n+1} \cos^n \alpha_p \cos^n \varphi_p = \frac{k}{2^n}(n+1)(\cos^n \gamma + C_1 \cos^{n-2}\gamma + \ldots + C_1 \cos^{n-2i}\gamma + \ldots)$$

avec

$$C_1 = \frac{1}{2^{2i}} \frac{n(n-1)\ldots(n-2i+1)}{(2i)!} \frac{2i(2i-1)\ldots(i+1)}{i!},$$

$$Y = \alpha_1 - \varphi_1 = \alpha_2 - \varphi_2 = \ldots = \alpha_p - \varphi_p.$$

Ainsi la force électromotrice appliquée au circuit de réception est uniquement fonction de γ, c'est-à-dire de l'angle que fait avec la direction de l'onde incidente le plan des bobines mobiles (en supposant les bobines fixes orientées comme les systèmes A correspondants). Elle est maxima pour $\gamma = 0$. L'appareil est donc un radiogoniomètre.

Pour

$$n = 1 \text{ (radiogoniomètre n° 1)} : F = k \times 2 \cos\gamma,$$

l'appareil est alors le radiogoniomètre Bellini-Tosi;

$$n = 2 \text{ (radiogoniomètre n° 2)} : F = \frac{3k}{4}(\cos^2\gamma + 1),$$

$$n = 3 \text{ (radiogoniomètre n° 3)} : F = \frac{k}{2}\left(\cos^3\gamma + \frac{3}{2}\cos\gamma\right).$$

On peut d'ailleurs, par l'association d'un radiogoniomètre n° 2 avec une antenne, obtenir un radiogoniomètre n° 2′ tel que l'amplitude de la force électromotrice appliquée au circuit de réception soit

$$F' = k'' \cos^2\gamma;$$

par l'association d'un radiogoniomètre n° 3 avec un radiogoniomètre n° 1, obtenir un radiogoniomètre n° 3 tel que

$$F' = k''' \cos^3\gamma,$$

et ainsi de suite. Les caractéristiques des radiogoniomètres 1′, 2′, ... sont celles des systèmes A d'ordre 1, 2, 3, ...

POLARISATION ROTATOIRE. — *Sur le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique.* Note de M. L. **Longchambon**, présentée par M. Fred. Wallerant.

I. Dans une Note récente ([1]), E. Vellinger interprète d'une façon inexacte l'hypothèse que j'ai formulée ([2]) sur le constituant gauche des solutions tartriques : rapprochant ce constituant de l'acide cristallisé, qui est aussi lévogyre, et constatant que ces deux corps ont des dispersions très voisines, comprises entre 2 et 2,2, j'avais supposé que le corps gauche des solutions, fort souvent considéré comme une modification chimique de l'acide tartrique (éther, anhydride, etc.), pouvait être simplement l'acide tartrique ordinaire, *tel qu'il se trouve dans le cristal.*

J'appelais cette forme l'acide α et ajoutais qu'il n'était pas possible, à l'heure actuelle, d'évaluer sa masse moléculaire, non plus d'ailleurs que celle de la forme droite. Je n'ai donc nullement, comme le rapporte E. Vellinger, donné à cet acide α la « formule classique » de l'acide tartrique.

Mais peut-on seulement parler de formule classique? Il existe bien une formule plane interprétant convenablement les propriétés chimiques, mais la formule stérique n'est nullement établie : on ne sait rien en effet sur l'orientation relative des deux tétraèdres identiques qui constituent la molécule; on ne sait même pas s'il existe une position privilégiée, ou seulement une position moyenne, ou encore une liberté complète des deux tétraèdres. Quelques auteurs envisagent volontiers les trois formules pour lesquelles les deux tétraèdres ont leurs arêtes parallèles, mais ces positions n'ont aucun caractère de nécessité et n'ont rien de plus remarquable que les positions intermédiaires. Peut-être, pour l'ion divalent porteur de deux charges de même signe, serait-on en droit d'adopter une position où les deux sommets intéressés seraient aux antipodes, mais ce serait encore très certainement anticiper.

Je ferai remarquer que cette formule stérique, et pour toute orientation relative des deux tétraèdres, admet un axe binaire de répétition : *la formule stérique de l'acide tartrique a donc même symétrie que les cristaux*, propriété assez rare que l'on retrouve dans les complexes de Werner du genre cobalt-triéthylène-diamine dont la formule et les cristaux ont la même symétrie A_3, $3L_2$.

([1]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 741.
([2]) *Ibid.*, **178**, 1924, p. 951.

II. Quels faits nouveaux apporte la Note de E. Vellinger? L'auteur affirme, après tant d'autres, que les solutions droites sont un mélange de molécules indissociées, d'ions monovalents et d'ions divalents. Mais le problème est de savoir quelle est la part de chacun de ces corps dans la variation du pouvoir rotatoire des solutions, et dans cette étude on se heurte à de singulières difficultés. Dans le domaine des faits, E. Vellinger prétend que le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique, quel que soit le milieu, se porte sur le même diagramme rectiligne de Darmois. D'après mes observations, si l'on construit le diagramme relatif aux solutions aqueuses avec ou sans addition de sels, les droites relatives aux solutions où il existe de l'alcool ne passent pas par le point de convergence, et celles relatives aux tartrates font également exception. L'écart n'est sans doute pas considérable, mais très supérieur aux erreurs expérimentales [1].

III. Pour mettre en évidence de façon directe l'effet de la dilution, nous avions étudié, E. Darmois et moi, des solutions d'acide tartrique jusqu'à la concentration 0,00625. Le pouvoir rotatoire et la dispersion augmentent avec la solution et se placent toujours sur le même diagramme. Ci-dessous les valeurs trouvées :

C...	40.	30.	20.	10.	5.	2.	1.
$[\alpha]^{578}$.....	10°,11	11°,18	12°,41	13°,9	14°,6	15°,2	15°,8
d........	–	–	1,08	1,15	1,22	1,23	1,24

C...	0,5.	0,2.	0,1.	0,05.	0,025.	0,012.	0,00625.
$[\alpha]^{578}$.....	16°,5	18°,4	19°,6	20°,4	21°,7	22°	24°
d........	1,27	1,29	1,30	1,42	–	–	–

Variation du pouvoir rotatoire en fonction de la dilution [2] $t = 20°$.

Cette étude a nécessité l'utilisation d'un tube polarimétrique de 10^{m} de longueur et n'a pu porté sur des concentrations plus faibles par suite de la petitesse des rotations à mesurer. Malgré le relèvement obtenu pour le pouvoir rotatoire et la dispersion, le fait que la limite n'est pas atteinte montre qu'à ces dilatations extrêmes le corps gauche existe encore en quantité appréciable, ou qu'il possède un pouvoir rotatoire très élevé.

IV. J'ai pu étudier des solutions riches en corps gauche en refroidissant des solutions aqueuses contenant du chlorure de calcium. Les valeurs ci-après correspondent à une concentration $c = 50$ d'acide tartrique dans

(1) Je donnerai le détail des mesures dans un autre Recueil.

(2) Mesures inédites de E. Darmois et L. Longchambon.

une solution de $CaCl^2$ de densité $d = 1,403$ à 20°. Les corrections de densité ont été faites :

t.	$[\alpha]^{578}$.	$[\alpha]^{436}$.	Dispersion.
+43°....................	−27°,6	− 63°,8	2,31
+11,5....................	−43,8	− 95,8	2,19
−13....................	−61,5	−132,3	2,15
−24....................	−72,4	−	−
−40....................	−88	−	−

Variation du pouvoir rotatoire en fonction de la température.

Les valeurs ci-dessus croissent régulièrement, ce qui fait prévoir un pouvoir rotatoire très élevé pour l'acide α. La dispersion de cet acide est donc maintenant localisée entre 2 et 2,15. Je poursuis cette étude aux températures plus basses avec de l'acide surfondu.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Contribution à l'étude de la rœntgenspectrographie des perles.* Note (¹) de MM. **J. Galibourg** et **F. Ryziger**, présentée par M. L. Guillet.

Les différents procédés (²) proposés pour l'identification des perles de culture font appel à des propriétés différentes et se complètent mutuellement.

Nous avons entrepris sur le procédé de *rœntgenspectrographie* décrit par M. Dauvillier une série d'expériences qui nous ont permis de préciser quelques points en suspens.

On sait (³) qu'un faisceau de rayons X perpendiculaire aux plans de la nacre donne un spectre formé de points disposés au sommet d'un ou plusieurs hexagones enchevêtrés. Pour la perle, constituée, de la surface au centre, par des couches concentriques, le spectre doit être analogue puisque les couches de perles sont normales au faisceau. Ceci s'entend, naturellement, pour des perles rondes. Les couches plus ou moins tourmentées des perles baroques peuvent amener toutes sortes de perturbations.

(¹) Séance du 15 novembre 1926.

(²) Galibourg et Ryziger, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1012-1014. — Dauvillier, *Ibid.*, **179**, 1924, p. 818. — Szylard, *Ibid.*, **180**, 1925, p. 433; **181**, 1925, p. 413. — Chilowsky et Perrin, *Ibid.*, **181**, 1925, p. 604.

(³) J.-H. Shaxby, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1602.

Nous avons obtenu des spectres constitués par plusieurs hexagones concentriques pour :

1° Une perle complète, reconnue sans centre différencié après sciage;

2° Un fragment détaché à la périphérie d'une perle;

3° Une perle évidée de son centre par un outil spécial.

Si le spectre hexagonal caractérise l'incidence normale des rayons X sur la couche perlière, par analogie avec la nacre, le spectre binaire caractérisera une incidence parallèle aux couches.

Nous l'avons vérifié en découpant dans les assises externes d'une perle un échantillon assez petit pour que ses couches puissent en être considérées comme plan parallèles.

D'après ce qui précède, on conçoit que si le faisceau de rayons X frappe normalement les couches plan parallèles du noyau de nacre d'une perle cultivée, le spectre obtenu sera identique à celui d'une perle fine.

Nous avons cherché à nous rendre compte de la probabilité de ce cas en enregistrant de 5 en 5° environ les spectres d'un échantillon de nacre tournant autour d'un axe perpendiculaire au faisceau, cet axe étant compris dans une des couches plan parallèles; nous avons fait de même pour une perle cultivée.

Pour la nacre, les spectres s'apparentaient à la symétrie senaire (¹), tant que le faisceau de rayons X ne s'écartait pas de la normale aux couches de nacre de plus de 35°, et à la symétrie binaire (²) pour le reste de la rotation; pour la perle cultivée, la limite a été de 37° pour l'échantillon examiné.

Par conséquent, en présence d'une perle à identifier, il conviendra de faire une première exposition dans un sens quelconque. Si la perle est cultivée, le calcul basé sur les mesures précédentes montre qu'elle donnera un spectre binaire typique six fois environ contre une. Si le spectre est hexagonal, une rotation de 90° lèvera le doute, car elle donnera un spectre hexagonal si la perle est naturelle; et à coup sûr, un spectre à symétrie binaire si la perle est cultivée, le faisceau sortant sûrement du cône de 74°.

On peut donc s'abstenir de la recherche préalable de l'orientation des plans de nacre que nous avions un moment cru indispensable.

(¹) Pour obtenir un spectre parfaitement hexagonal, l'orientation doit être réglée très exactement.

(²) Pour obtenir une symétrie binaire parfaite, il faut une orientation convenable du rayon X dans le plan comme l'a prouvé une série de 17 spectres enregistrés sur un même échantillon.

En résumé, nous avons constaté :

1° Que des perles sans *noyau secondaire* donnaient un spectre constitué par des hexagones concentriques plus ou moins nets, d'ailleurs, suivant le point frappé par les rayons X. Ces perles se comportent comme un cristal unique, ce qui semblerait indiquer que les cristaux de CO^3Ca n'ont pas seulement leur axe de symétrie senaire perpendiculaire aux plans des couches, mais que les autres axes des cristaux sont, tout au moins dans le champ du faisceau de rayons X, orientés parallèlement. D'ailleurs, en faisant tourner la perle ou la nacre autour du faisceau de rayons X, sans prendre de précaution spéciale pour que le faisceau tombe toujours très exactement au même point, le spectre tourne du même angle que l'échantillon.

2° Que le spectre de perle fine n'était nettement caractérisé que si la perle était orientée de façon que le faisceau traverse normalement les couches de perle.

3° Que pour obtenir un spectre caractéristique de la perle cultivée, il fallait que la nacre du noyau fût orientée de façon telle que la normale aux couches de nacre s'écartât de la direction du faisceau de 37° au moins.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les particules de long parcours émises par le dépôt actif* B + C *de l'actinium.* Note [1] de M. P. **Mercier**, présentée par M. J. Perrin.

Comme c'est le cas pour le radium C et le thorium C, les atomes de l'actinium C présentent deux possibilités de désintégration distinctes. Il en résulte deux groupes de particules α. L'un très nombreux est dû aux atomes qui se brisent en émettant une particule α : ce groupe est désigné habituellement sous le nom de particules ordinaires et son parcours dans l'air est de $5^{cm},55$ à 15° et 760^{mm}. L'autre connu sous le nom de particules longues provient des atomes très peu nombreux qui ont passé par le stade intermédiaire actinium C' avant d'émettre une particule α. Si l'importance relative des deux groupes est connue, on saura du même coup la proportion des atomes qui subissent l'une ou l'autre transformation.

Le tableau ci-après donne à 15° et 760^{mm} le parcours p en centimètres et le nombre n de particules longues pour mille ordinaires.

(1) Séance du 8 novembre 1926.

Auteurs.	Méthode.	*p.*	*n.*
Marsden et Perkins (1)	scintill.	6,4	1,5
Varder et Marsden (2)	ionisat.	6,45	2
Bates et Rogers (3)	scintill.	6,49	2,96

Bates et Rogers ont observé en outre un certain nombre de particules de parcours plus grand que $6^{cm},5$ estimé par eux à 260 pour 10^6 ordinaires. Ce nombre comprenait les particules H excitées dans l'air et dans le mica des écrans. Ils ont constaté aussi la présence d'un petit nombre de particules parasites dues au thorium C.

Mme Curie m'a suggéré de reprendre ce travail en employant un dispositif (4) qui élimine complètement l'emploi d'écrans métalliques, en les remplaçant par un gaz comprimé dans l'intervalle compris entre la source et l'écran au Zn S. Connaissant le pouvoir d'arrêt du gaz et la distance de la source à l'écran, on peut déterminer pour chaque pression mesurée au manomètre l'épaisseur d'air équivalente à l'écran gazeux.

Les conditions expérimentales étaient les suivantes : la durée de l'activation était en moyenne de deux heures, et la source avait 3^{mm} de diamètre. L'écran au ZnS était plan, et le champ du microscope avait 20^{mm^2}. Le gaz contenu dans l'appareil était l'anhydride carbonique.

La distance de la source à l'écran était de 3^{cm}.

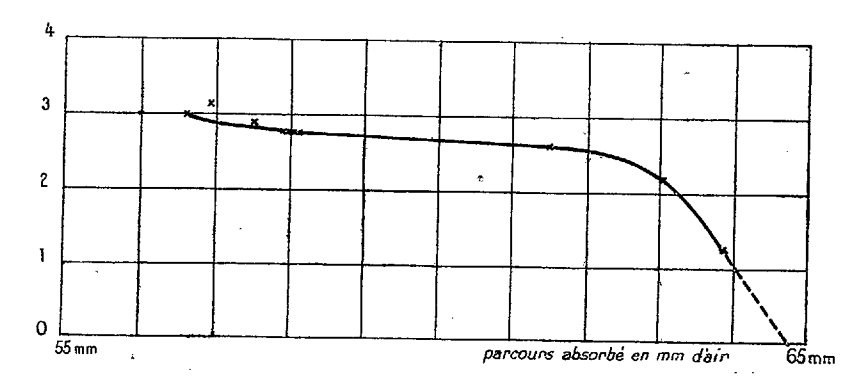
La mesure du rapport n du nombre de particules longues, au nombre de particules ordinaires, était basée sur la méthode de décroissance.

Les deux groupes ont été observés avec un même parcours restant équivalent à 7^{mm} d'air. Une série de quatre expériences a donné pour n la valeur de 2,8 *particules longues pour mille ordinaires.*

Si l'on compte les particules longues en différents points de leur parcours, le nombre observé diminue lentement jusqu'à une distance de 2^{mm} de la fin du parcours. A partir de ce point, la diminution est rapide, et la prolongation de la courbe vient couper l'axe des x au point $6^{mm},47$ correspondant à la fin du parcours des particules longues à 15° et 760^{mm}. Dans le diagramme suivant, résumant une série d'expériences, ν représente le nombre de particules longues observées en différents points de leur parcours et rapporté à 10^3 particules ordinaires observées avec un parcours restant de 7^{mm}.

(1) Marsden et Perkins, *Phil. Mag.*, **27**, 1914, p. 690-703.
(2) Varder et Marsden, *Phil. Mag.*, **28**, 1914, p. 818-821.
(3) Bates et Rogers, *Proc. Roy. Soc.*, **105**, 1924, p. 97-116.
(4) Mlle Curie et N. Yamada, *Journ. Phys.*, 6e série, **6**, 1925, p. 376-389.

Dans le but de vérifier s'il existe des particules dues au dépôt actif de l'actinium de parcours supérieur à $6^{cm},5$, des expériences ont été réalisées en plaçant la source à une distance de 1^{cm} de l'écran. On commençait par



compter les particules de parcours supérieur à $6^{cm},5$, et quand la source avait suffisamment décru, on comptait les particules de $6^{cm},5$. La source la plus forte obtenue envoyait par minute sur l'écran environ 500 particules de $6^{cm},5$ au moment où commençaient les premiers comptages de particules de parcours plus long.

On a constaté par minute la présence d'environ 10 particules parasites de parcours $8^{cm},6$ dues au thorium C et décroissant avec la période du thorium C; aucune particule n'a été observée au-dessus de ce parcours. Le nombre de particules de parcours supérieur à $6^{cm},5$, attribuables à l'actinium ou à des rayons H, ne dépassait pas 2 ou 3 par minute.

Il est probable que s'il existe des particules dues au dépôt actif de l'actinium de parcours compris entre 6,5 et 9^{cm} d'air, leur nombre doit être inférieur à 30 pour 10^6 particules ordinaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Quelques propriétés des grosses molécules en solution.* Note [1] de M. **Neda Marinesco**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note antérieure [2] j'ai montré que certaines molécules colorantes s'entourent en solution d'une périsphère monomoléculaire du solvant (eau et monoalcools), dans laquelle le nombre de molécules fixées reste

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1149.

constant pour les différents solvants et est caractéristique de la substance dissoute. On trouve que ce nombre est 7 pour le saccharose (1), 12 pour la rhodamine B, 9 pour l'uranine, 16 pour l'éosine, 21 pour l'érythrosine et 28 pour le rose bengal, tous ces colorants étant des sels de soude. J'ai montré aussi que les propriétés diélectriques du solvant interviennent dans le sens prévu par la théorie de la polarité des molécules.

I. D'après Victor Henri, J.-J Thomson, Langmuir, les molécules du solvant sont adsorbées par leurs ions les plus déformables. Il résulte que les dipôles fixés tournent vers l'extérieur des périsphères les centres de charges d'un même signe; les micelles ainsi formées — de charge totale nulle — se repoussent réciproquement et ne peuvent pas s'approcher à une distance telle que les forces de cohésion soient en action.

D'après Walden, Ulich et Werner (2), autour de chaque ion en solution, le solvant est saturé diélectriquement, les dipôles étant orientés et fortement fixés. Si à côté des molécules non dissociées on ajoutait un sel dissociable, les ions formés, ayant un champ plus intense, détruisent le cortège des dipôles des molécules colorantes, qui peuvent se précipiter.

Or, tous ces colorants sont déplacés de leurs solutions en milieu neutre, par les sels fortement dissociables.

II. On trouve pour le rapport $\frac{C}{S}$ (C le nombre des dipôles fixés, S surface de la grosse molécule) :

3.10^{14} pour le saccharose,	$4,8.10^{14}$ pour l'éosine (sel de Na),
$3,4.10^{14}$ pour l'uranine (sel de Na),	$5,7.10^{14}$ pour l'érythrosine (sel de Na),
$3,8.10^{14}$ pour la rhodamine B,	$6,9.10^{14}$ pour le rose bengal (sel de Na).

On voit que ce rapport est une fonction d'une propriété de la molécule, qui doit être sa déformabilité. Les constantes de déformabilité des halogènes sont parmi les plus grandes (3); l'éosine, l'érythrosine et surtout le rose bengal sont des substances fortement halogénées. De même si l'on remplaçait le sodium par le cæsium ou par le lithium dans ces molécules, il serait fort probable que le rapport $\frac{C}{S}$ augmenterait ou diminuerait, parce que la constante de déformabilité du cæsium est 13 fois plus grande et celle du lithium 3 fois plus petite, que celle du sodium.

(1) D'après les valeurs d'Einstein sur le sucre, dans l'eau (*Ann. der Phys.*, 34, 1911, p. 592).

(2) *Zts. f. phys. Chemie*, 116, 1925, p. 261.

(3) Victor Henri, *Conf. Soc. Chimie physique*, 12, 1925, p. 32.

III. J'ai montré aussi que les molécules du solvant ne sont plus adsorbées si celui-ci contient des ions OH, qui composent une atmosphère autour de la molécule dissoute. Les mesures de concentrations ioniques amènent à la même conclusion; par exemple si à une solution d'un pH = 12,96 on ajoute 0,5 pour 100 d'uranine, le pH tombe à 10,20. On trouve 8 ions fixés pour une molécule.

IV. En ce qui concerne les poids moléculaires de ces substances, à cause du volume trop grand qu'elles occupent en solution, on ne peut l'évaluer que très approximativement par l'application de la loi des gaz. On trouve ainsi 245 au lieu de 475 pour la rhodamine B, 620 au lieu de 1050 pour le rose bengal. Donc la seule méthode correcte pour l'évaluer est celle qu'on déduit des mesures de diffusion, en utilisant les relations

$$M\varphi = \frac{4}{3}\pi\rho^3 . N \tag{1}$$

et

$$D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi\eta\rho}, \tag{2}$$

φ étant le volume spécifique en solution déduit d'après la relation d'Einstein

$$\eta = \eta_0(1 + 2{,}5\varphi) \tag{3}$$

et non le volume spécifique à l'état solide comme l'a proposé Herzog (¹), parce que le rayon de la particule dissoute est beaucoup plus grand qu'à l'état solide.

Par une technique qui sera exposée ailleurs (²), j'ai mesuré les coefficients de diffusion à 20°. On trouve :

Pour la rhodamine B, dans l'eau, $D = 0{,}332 . 10^{-5}$, $\varphi = 1^{cm^3}{,}156$ qui donnent p. m. 544 au lieu de 478; dans l'alcool éthylique, $D = 0{,}240 . 10^{-5}$, $\varphi = 2^{cm^3}{,}167$, qui donnent 470 au lieu de 478. Pour le *rose bengal* dans l'eau on trouve $D = 0{,}266 . 10^{-5}$, $\varphi = 1^{cm^3}{,}084$ et p. m. 1130 au lieu de 1050. J'ai fait les calculs par rapport à $N = 61 . 10^{22}$, mais en général la valeur $65 . 10^{22}$ convient mieux.

On voit donc que la loi de Stokes reste encore valable pour ces grosses molécules.

(¹) *Zts. f. Electrochemie*, **10**, 1910, p. 1003.

(²) En principe, on fait diffuser la substance dans une cuve optique qu'on peut déplacer perpendiculairement dans le champ d'un microcolorimètre. En opérant dans la lumière monochromatisée pour le maximum d'absorption de la substance, on peut doser celle-ci sur une toute petite plage ($0^{mm},5$-$0^{mm},6$). Le réglage de température est automatique et très constant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Particularités des cassures des gels d'acroléine : Production rythmique de sillons.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Paul Gailliot**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que l'acroléine, $CH^2 = CH - CHO$, peut se condenser sur elle-même en donnant, sous l'influence de catalyseurs appropriés, des résines qui peuvent prendre la forme de gels (Ch. Moureu et Ch. Dufraisse).

Les cassures de ces gels ([1]) donnent naissance à des surfaces sur lesquelles un examen attentif nous a permis de constater parfois de remarquables régularités : une étendue plus ou moins grande porte des lignes droites parallèles et équidistantes. L'aspect au microscope est celui d'une terre labourée, d'où le nom de sillons que nous proposons, sans rien préjuger de leur nature, pour désigner ces tracés périodiquement alignés.

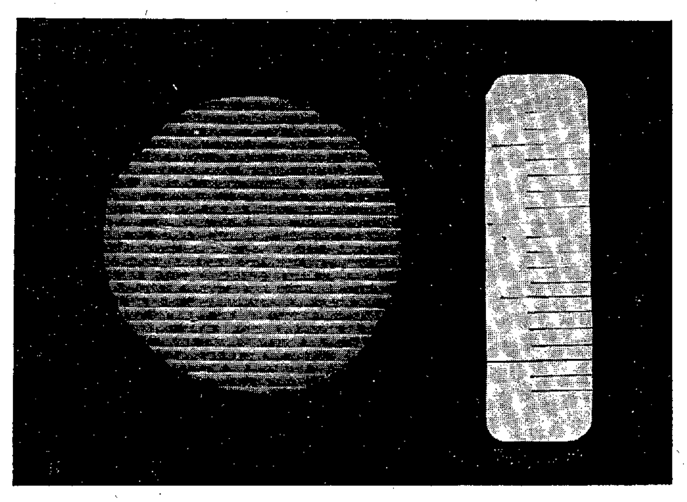


Fig. 1.

On a fait figurer sur la droite un micromètre vu au même grossissement que les sillons : chaque division de ce micromètre représente 1/100e de millimètre.

a. Particularités optiques. — La curieuse régularité des sillons apparaît déjà bien par l'examen microscopique (*fig.* 1), mais elle se manifeste de manière plus frappante par les phénomènes de diffraction.

Les sillons forment, en effet, un réseau optique (120 traits environ par millimètre, pour le réseau de la figure 1) et donnent des spectres par transmission ou par réflexion. Bien mieux, on peut obtenir des spectrogrammes : la figure 2 représente le spectre de la lampe à vapeur de

([1]) Les gels d'acroléine présentent une grande résistance au choc, pourvu qu'ils ne portent pas d'angles vifs (arête vive ou fêlure) : nos cassures étaient obtenues après « amorçage » par un trait de scie.

mercure, obtenu par transmission au travers d'un semblable réseau de cassure. Si l'on tient compte de diverses imperfections accessoires du dispositif optique (gauchissement de la surface, etc.), on reconnaîtra qu'un tel réseau est d'une régularité vraiment bien inattendue, vu la façon dont il a été tracé : d'un violent coup de maillet sur la matière.

Le spectrogramme de la figure 2 est peu riche en raies : cela tient aux propriétés absorbantes du gel d'acroléine pour les radiations les



Fig. 2.

plus réfrangibles. D'après nos calculs, les trois raies qui apparaissent sont $\lambda = 4358$ Å, 5461 Å, et 5769 Å.

Les spectres de troisième ordre, très visibles à l'œil nu, ne figurent pas sur le cliché, sans doute par suite d'une pose insuffisante.

La frange centrale, de transmission directe, est peu intense : bien qu'elle concentre toutes les radiations, elle est moins intense que les secondes raies des spectres de premier ordre. Il y a donc beaucoup moins de lumière émergeant directement que de lumière dispersée par diffraction.

b. Le rythme. — Le rythme n'est pas rigoureusement simple, contrairement à la première impression qu'il donne : l'écart entre les sillons est légèrement variable, non seulement d'une cassure à l'autre, mais même d'un point à l'autre du champ de sillons. Cette variation est continue, mais généralement peu accentuée. Cependant il peut arriver que la variation d'écart soit rapide et régulière : les sillons sont alors convergents, ce qui donne un réseau en éventail et *une disposition en arc des spectres de diffraction.*

c. Nature des sillons. — Nos nombreuses observations et nos microphotographies, effectuées dans des conditions très variées, tendent à faire supposer que la surface du réseau est lisse. Au contraire, l'obtention d'une copie du réseau, par moulage au collodion, tend à démontrer l'existence d'un certain relief sur la même surface. Nous accordons ces deux conclusions d'apparences contradictoires en attribuant les sillons à la production rythmique de fines fêlures (moins de $0^{\mu},5$ de large) sur une surface lisse.

d. Conclusions. — Nous ne pouvons songer à donner ici, même résumés,

les résultats de nos expériences sur le phénomène, pas plus que les raisons qui nous ont orientés dans le choix d'une hypothèse pour rendre compte du rythme. Indiquons simplement qu'à nos yeux le rythme préexiste dans la matière, avant toute cassure. Nous attribuons donc à la structure même du gel la production périodique de sillons.

Ce serait l'alignement côte à côte de fibres égales qui serait la cause indispensable de l'apparition d'un rythme, sous l'influence d'une action aussi grossière qu'une cassure brutale.

Quant aux fibres, elles seraient plutôt des fibres composées, de véritables cordes, formées par la réunion de filaments dont nous croyons avoir établi l'existence. Ces filaments élémentaires auraient un calibre de l'ordre de 1^{μ}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la désamination de quelques phényl-amino-alcools* $C^6H^5 - CHOH - CH(NH^2).R$. *Obtention d'acylophénones sans transposition.* Note de M. **Tiffeneau** et Mlle **J. Lévy**, présentée par M. A. Béhal.

On sait que les glycols bisecondaires du type Ar.CHOH.CHOH.R, lorsqu'ils sont soumis à l'action déshydratante des acides, se transforment, sans transposition, en cétones $Ar.CH^2.CO.R$ [1]; il y a perte de l'oxhydryle voisin du phényle et formation probable du dérivé vinylique intermédiaire

$$\text{(I)}\quad C^6H^5.CHOH.CHOH.R \xrightarrow{-H^2O} C^6H^5.CH:C(OH).R \rightarrow C^6H^5.CH^2.CO.R.$$

Il en est de même des oxydes d'éthylène correspondants qui, par simple isomérisation sous l'influence de la chaleur, donnent, avec des rendements plus ou moins élevés, les mêmes cétones [2]; il y a, dans ce cas, rupture de l'oxygène oxydique du côté du radical phényle et migration de l'atome d'hydrogène

$$\text{(II)}\quad C^6H^5.\underset{\diagdown O \diagup}{CH - CH}.R \rightarrow C^6H^5.\underset{|}{CH} - \underset{\underset{|}{O}}{\overset{}{CH}}.R \rightarrow C^6H^5.CH^2.CO.R.$$

---

[1] Zincke, *D. ch. Ges.*, **17**, 1884, p. 710. — M. Tiffeneau, *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 1538.

[2] Hoering, *D. ch. G.*, **38**, 1905, p. 3477. — Fourneau et Tiffeneau, *Comptes rendus*, **141**, 1905, p. 662.

Par contre, les iodhydrines Ar.CHOH.CHI.R, quoique dérivant des mêmes glycols, se transforment, par perte de HI, en aldéhydes avec migration du radical phényle [1]

$$\text{(III)}\qquad C^6H^5.CHOH.CHI.R \xrightarrow{-HI} C^6H^5.\underset{|\ \ \ \ |}{CH.CH}.R \ (\text{—O—}) \rightarrow CHO.CH\langle^{C^6H^5}_{R}.$$

A ces iodhydrines correspondent des amino-alcools de même structure $C^6H^5.CHOH.CH(NH^2).R$ dont il était intéressant de rechercher si, par désamination, ils conduiraient aux mêmes produits de transformation avec migration phénylique. On sait, en effet, que, par désamination des divers amino-alcools aromatiques, Mac Kenzie et R. Roger [2], puis ultérieurement Bettzieche, Orekhoff et M. Roger, Luce [3], ont obtenu des cétones, avec migration suivant le mode semipinacolique, ce qui a fait donner à cette réaction le nom de désamination semipinacolique.

L'étude que nous avons entreprise a été effectuée sur quatre amino-alcools, à savoir : deux amino-butanols, le phényl-1-amino-2-butanol (P. F. 76-78°) et le phényl-1-méthyl-3-amino-2-butanol (P. F. 81-83°); un amino-pentanol, le phényl-1-amino-2-pentanol (P. F. 70-72°); un aminohexanol, le phényl-1-amino-2-hexanol (P. F. 65-66°). Ces quatre amino-alcools ont été obtenus par réduction des oximes des cétones-alcools correspondants :

$$C^6H^5.CHOH.CO.R \rightarrow C^6H^5.CHOH.C(NOH).R \rightarrow C^6H^5.CHOH.CH(NH^2)R.$$

Leur désamination par l'acide nitreux a conduit, dans chaque cas, à l'obtention d'acylophénones sans transposition, à savoir respectivement : la phénylbutanone (oxime, F. 49-50°; semicarbazone, F. 188-189°); l'isovalérophénone (oxime, F. 72°; semi-carbazone, F. 210°); la valérophénone (oxime, F. 52°; semicarbazone, F. 166°); la phénylhexanone (semicarbazone, F. 132°).

La réaction générale de désamination de ces amino-alcools peut s'écrire :

$$C^6H^5.CHOH.CH(NH^2).R \xrightarrow{NH^3} C^6H^5.C(OH){:}CH.R \rightarrow C^6H^5.CO.CH^2.R.$$

Il est vraisemblable qu'il y a eu, dans ce cas, élimination de NH^3 aux dépens de l'hydrogène fixé au carbone voisin et formation intermédiaire

---

(1) TIFFENEAU, *Ann. Ch. Phys.*, 8e série, 10, 1907, p. 352-354.

(2) MAC KENZIE et R. ROGER, *J. Ch. Soc.*, 125, 1924, p. 844.

(3) BETTZIECHE, *Zeit. f. Physiol.*, 140, 1924, p. 273. — A. ORÉKHOFF et M. ROGER, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 70. — LUCE, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 145.

d'alcool vinylique, alors que, dans la réaction III ci-dessus, cette élimination s'était effectuée aux dépens de l'hydrogène de l'oxhydryle. En tout cas, il n'y a pas eu formation du glycol correspondant qui, par déshydratation, aurait conduit aux cétones du type I.

Ainsi la stabilité des deux hydrogènes de la fonction alcool secondaire CHOH dépend de la nature des substituants voisins et de la réaction qui est mise en jeu. Nous savons qu'il en est de même dans la déshydratation de certains α-glycols.

Conclusions. — Dans la désamination des phénylamino-alcools du type $C^6H^5.CHOH.CH(NH^2).R$, l'élimination de NH^3 s'effectue aux dépens de l'hydrogène fixé au carbone voisin, non avec production des glycols correspondants qui conduiraient aux cétones du type I, mais avec formation intermédiaire probable de dérivés vinyliques qui se transforment en acylophénones sans transposition.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution des dérivés organo-magnésiens.* Note de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note antérieure [1], j'ai exposé, en m'appuyant sur des expériences nouvelles, quelles raisons me paraissaient devoir faire préférer la formule $Mg(C^2H^5)^2$, MgI^2 à la formule généralement admise $Mg.C^2H^5.I$. Les conclusions de cette étude ont subi de la part de différents auteurs des critiques que M. Grignard a résumées dans son intéressante conférence publiée par la Société chimique de France [2]. De toutes les expériences proposées, la seule qui, pour M. Grignard, apporte un argument décisif en faveur de la formule $MgIC^2H^5$ est celle de MM. Job et Dubien. Or, depuis la publication de cette conférence, a paru un travail de M. Terentjew [3], dont les conclusions confirment les miennes. Cet auteur a décrit avec beaucoup de soin les précautions qu'il a prises pour déterminer avec exactitude, par ébullioscopie dans l'éther, le poids moléculaire de l'iodure de magnésium méthyle. Les nombres qu'il a obtenus par cette méthode, 368, 370, 386, ne laissent aucun doute sur le choix de la formule à adopter, puisque le poids moléculaire de $MgICH^3$ est 166. Il faut remarquer que l'ébullioscopie ne

---

[1] *Comptes rendus*, **155**, 1912, p. 353.

[2] *Bulletin de la Société chimique*, 4e série, **39**, 1926, p. 1288.

[3] *Zeitschrift für anorganische Chemie*, **156**, 1926, p. 73.

renseigne que sur le rapport des nombres de molécules du corps dissous et du solvant; le choix heureux de l'éther comme solvant permet de négliger l'éther combiné devant la masse totale de l'éther. Le poids moléculaire trouvé est donc bien celui de l'organo-magnésien et non celui de son éthérate.

Le résultat obtenu par M. Terentjew, au moyen d'une méthode qui a fait ses preuves dans de nombreux cas, est en contradiction avec les conclusions que MM. Job et Dubien ont tirées de leurs expériences. Il est indispensable de chercher les raisons de ce désaccord.

MM. Job et Dubien [1] ont, en présence d'un catalyseur solide insoluble dans le milieu liquide, mesuré la vitesse de la réaction suivante, se traduisant par un dégagement gazeux :

$$2C^2H^5I + Mg(C^2H^5)^2, MgI^2 = 2C^2H^4 + 2C^2H^6 + 2MgI^2.$$

Ils ont pris soin, ainsi que cela est mentionné dans leur publication qui, malheureusement, ne contient aucune donnée numérique, d'ajouter un grand excès de réactif organo-magnésien. Leur étude cinétique leur a révélé l'existence d'une réaction monomoléculaire; la formule $MgIC^2H^5$ devrait donc être adoptée puisqu'elle met en jeu une seule molécule d'iodure alcoolique. Une telle conclusion ne paraît pas justifiée, car elle suppose que l'on peut annoncer l'ordre d'une réaction au simple aspect de sa formule. Or, ce n'est pas exact, ainsi qu'il résulte de nombreux travaux dont on trouvera les références dans le *Traité de Chimie générale* de Nernst (deuxième édition française, 2, p. 140). On y verra en particulier que toutes les réactions effectuées, comme celle citée plus haut, en présence d'un excès de l'un des réactifs, ont toujours une allure monomoléculaire. L'action du permanganate de potassium sur un grand excès d'acide oxalique est dans ce cas. Donc, le fait de trouver à la réaction étudiée une allure monomoléculaire n'apporte aucun argument en faveur d'une formule ou de l'autre.

Il y a plus. Le domaine d'application des lois de la cinétique chimique est rigoureusement limité aux systèmes homogènes (NERNST, *loc. cit.*, p. 132), hors de la présence de catalyseurs qui ne sont pas répartis, pendant toute la durée de l'expérience, d'une manière homogène dans la phase considérée. Or, la réaction signalée plus haut est une réaction entre liquides, qui dégage un gaz, et elle a lieu en présence d'un catalyseur solide insoluble

(1) Séance de la Société chimique de France du 26 février 1926.

dans le liquide. L'application de la méthode chronométrique à la mesure d'une telle réaction n'a pas de sens précis.

En outre, je crois utile d'insister sur le fait que la formule $Mg(C^2H^5)^2$, MgI^2 a sur l'ancienne l'avantage de rappeler les réactions des composés organo-magnésiens sans faire appel à aucun phénomène de polymérisation. En effet, la pyrogénation du magnésium éthyle ioduré correspond, ainsi que je l'ai montré, à la formation d'un mélange de MgH^2 et de MgI^2, et non à celle de MgIH, qui n'a jamais été isolé, et dont l'existence reste hypothétique.

L'action de l'eau sur les organo-magnésiens donne naissance à $MgI^2 + Mg(OH)^2$, et non à MgIOH, qui n'a jamais été isolé.

Ces raisons, qui peuvent encore être developpées, indiquent que la formule employée habituellement pour représenter les organo-magnésiens est une représentation inexacte, et qu'il y a lieu de lui substituer, comme je l'ai proposé autrefois, la formule doublée MgR^2, MgI^2.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation de la xanthone et du xanthène.* Note de MM. **V. Ipatief** et **N. Orlof**, présentée par M. Camille Matignon.

Les recherches d'Ipatief (1) ont montré la facilité de réduction des cétones aromatiques et des carbures correspondants. Ipatief, conjointement avec Filippof (2), a montré que l'éther phénylique, par hydrogénation sous pression, donne principalement du cyclohexane et du cyclohexanol, accompagnés de petites quantités d'un produit d'une réaction secondaire.

Ainsi dans cette hydrogénation a lieu la rupture de la molécule à l'endroit de la liaison de l'oxygène. Cette propriété de la liaison éthérique, comme nous l'avons montré précédemment (3), se conserve dans des combinaisons telles que l'oxyde de diphénylène, dans lesquelles, en même temps que la liaison de deux anneaux benzéniques par l'oxygène, il existe encore en position ortho une liaison directe de ces deux anneaux qui se conserve même après l'hydrogénation; le produit formé est par conséquent dans un tel cas l'*o*-cyclohexylcyclohexanol.

(1) V. Ipatief, *Berichte*, **41**, 1908, p. 991.
(2) *Journ. Soc. phys. chim. russe*, **40**, 1908, p. 500.
(3) Ipatief et Orlof, *Bull. Soc. chim.*, **181**, 1925, p. 793-795.

Ces observations nous ont incités à étudier l'hydrogénation d'un produit où il y a en même temps un oxygène éthérique et un carbonyle qui unissent deux anneaux benzéniques, l'ensemble formant un cycle hétérogène à six chaînons.

Un tel composé facilement accessible est la xanthone

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO\\O\end{matrix}\right\rangle C^6H^4.$$

Les expériences instituées avec ce corps ont montré que l'hydrogénation sous forte pression se fait en deux phases nettement différentes :

$$\text{(xanthone: CO, O)} \rightarrow \text{(xanthène: CH}^2\text{, O)} \rightarrow CH^2\left\langle\begin{matrix}CH^2\ CH^2\\CH^2\ CH^2\end{matrix}\right\rangle CH - CH^2 - CH\left\langle\begin{matrix}CH^2\ CH^2\\CH\ \ CH^2\\|\\OH\end{matrix}\right\rangle CH^2$$

$$\rightarrow CH^2\left\langle\begin{matrix}CH^2\ CH^2\\CH^2\ CH^2\end{matrix}\right\rangle CH - CH^2 - CH\left\langle\begin{matrix}CH^2\ CH^2\\CH^2\ CH^2\end{matrix}\right\rangle CH^2.$$

D'abord le groupe carbonyle est réduit en groupe méthylénique et il se forme du xanthène; ensuite les anneaux benzéniques s'hydrogènent, ce qui s'accompagne de l'ouverture de l'anneau par rupture de la liaison formée par l'oxygène et de la formation d'un alcool, l'oxydicyclohexylméthane. Si, dans cette hydrogénation, on maintient la température trop élevée ou si l'on opère en présence d'*alumine*, l'alcool semble former un hydrocarbure non saturé par enlèvement de H^2O, qui, jusqu'ici, n'a pas été isolé; ce carbure s'hydrogène ensuite en dicyclohexylméthane. Nos premières expériences d'hydrogénation de la xanthone furent faites en employant comme catalyseur l'oxyde de nickel; on obtient alors un mélange de xanthène, du 1-*oxydicyclohexylméthane* et de *dicyclohexylméthane* : la quantité de xanthène est d'autant plus grande que la température d'hydrogénation est plus basse et, à 212°, c'est le xanthène qui est le produit principal. Pour limiter complètement la réaction à sa première phase, nous avons remplacé l'oxyde de nickel par l'*oxyde de cuivre;* dans ce cas, la réduction catalytique du carbonyle est la seule à se faire aisément et l'on obtient du xanthène avec un bon rendement (jusqu'à 92 pour 100).

Point de fusion	$100^{\circ},5$	
» d'ébullition	307°–309° sous 749^{mm}	
Composition.	Trouvé.	Calculé.
C	85,59	85,71
H	5,50	5,44

L'oxydicyclohexylméthane préparé par hydrogénation du xanthène en présence de l'oxyde de nickel et le dicyclohexylméthane obtenu avec l'oxyde de nickel et l'alumine à partir des produits d'hydrogénation du xanthène, nous ont donné les caractéristiques suivantes :

	Oxydicyclohexylméthane.		*Dicyclohexylméthane.*	
Point de fusion	40° à 43°		–	
» d'ébullition	–		250°–252° à 763^{mm}	
	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.
d_0^{40}	0,9581	–	87,25	–
MD	58,72	58,26	–	–
M	195,1	196	178,7	180
Analyse	79,89 ; 79,63	79,59	86,41 ; 86,34	86,57
	12,24 ; 12,31	12,24	13,61 ; 13,36	13,43

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Utilisation des combustibles liquides à teneur élevée en composés sulfo-organiques, comme source de combustible antidétonant.* Note (¹) de M. Y. **Altchidjian**, transmise par M. Paul Sabatier.

Les résultats fort intéressants des travaux de Dumanois, démontrant la possibilité d'utiliser des fractions plus lourdes que l'essence comme carburant dans les moteurs à explosion, par la simple addition d'un antidétonant, me conduisirent à entreprendre une série d'essais avec une huile lourde, provenant de la distillation des calcaires bitumineux.

Les premiers essais furent exécutés au banc, sur un moteur de camion, muni d'un carburateur ordinaire. Le mélange utilisé était composé de 50 pour 100 d'essence et 50 pour 100 des fractions les plus légères de l'huile provenant de la distillation des calcaires bitumineux de Raguse (limites de distillation : 200° à 300°; densité : 0,866).

Les résultats obtenus furent fort satisfaisants; le moteur fonctionnait

(¹) Séance du 15 novembre 1926.

normalement, la puissance développée ainsi que la consommation par HP : heure étaient à peu près les mêmes qu'avec l'essence.

Encouragé par ces résultats je repris les essais en utilisant cette fois-ci des fractions encore plus lourdes que les précédentes (limites de distillation : 220° à 350°; densité : 0,888) en proportion de 30 pour 100; le fonctionnement fut très satifaisant.

La conclusion de ces expériences est que les huiles provenant de la distillation des calcaires bitumineux de Raguse sont des combustibles de valeur antidétonante élevée, permettant de brûler dans les moteurs à explosion, sans détonations, des fractions lourdes distillant jusqu'à 350°.

Ces considérations ne doivent pas nous surprendre si nous examinons de plus près la question de la constitution de ces huiles.

Un premier facteur en faveur de la nature antidétonante de ces combustibles est la constitution moléculaire des hydrocarbures qu'ils contiennent.

Ces hydrocarbures proviennent de la dissociation à basse température du bitume contenu dans les roches asphaltiques, bitume qui est un produit de polymérisation. Tous ces processus de polymérisation naturelle et de dépolymérisation artificielle produisent une transformation structurale interne de la molécule tendant de plus à diminuer la teneur en hydrogène, augmentant celle en carbone.

En ce qui concerne les hydrocarbures, l'expérience a montré qu'en général plus la teneur en carbone est élevée, plus grande est la valeur antidétonante et cela d'autant plus que la structure moléculaire tend vers celles des aromatiques (noyaux cycliques et doubles liaisons).

Avec les huiles de Raguse, nous nous trouvons en présence d'une proportion élevée d'hydrocarbures ayant subi une certaine dégradation, tendant vers les termes cycliques et non saturés, sans toutefois arriver aux aromatiques; cela est une des raisons qui expliquent sa nature antidétonante.

Un second facteur qui vient augmenter la valeur de cette propriété, probablement d'une façon plus importante que le premier, est la présence en proportion relativement élevée de certains composés sulfo-organiques.

D'après Midgley [1] l'action antidétonante est principalement fonction de la nature des métalloïdes qui entrent dans le composé; ainsi en prenant comme unité l'effet antidétonant qu'on obtient en ajoutant 3 pour 100 en

---

(1) MIDGLEY et BOYD, *Ind. Eng. Chem.*, **14**, 1922, p. 894. — MIDGLEY, *ibid.*, **15**, 1923, p. 421.

volume d'aniline au kérosène, on trouve pour les composés phénylés des métalloïdes ci-dessous les valeurs suivantes :

Oxygène	0,122
Sélénium	5,2
Tellure	22

On remarque que la valeur antidétonante augmente de l'oxygène au tellure et qu'il y a en outre une certaine relation entre ces derniers nombres et les poids atomiques des métalloïdes correspondants.

En effet les poids atomiques des métalloïdes du sixième groupe de la classification périodique, de l'oxygène au tellure, forment très approximativement une progression géométrique ($O=16$, $S=32$, $Se=79$, $Te=125$), tandis que les valeurs antidétonantes des composés organiques de ces mêmes métalloïdes variant dans le même sens forment entre elles une seconde progression géométrique (en première approximation).

De l'application de cette loi on peut tirer la valeur antidétonante comparative approximative des composés organiques correspondants du soufre.

Ces composés sulfurés auraient, comme ordre de grandeur, à peu près la même valeur antidétonante que l'aniline, c'est-à-dire égale à un dans l'échelle comparative ci-dessus.

Si nous tenons compte d'autre part du fait que 4,3 parties de composés organiques du tellure produisent le même effet antidétonant qu'une partie de plomb tétraéthyle, on trouve en appliquant les valeurs précédentes qu'il faut environ 100 parties de composés sulfo-organiques correspondants pour avoir le même effet.

Les fractions de l'huile de Raguse utilisées pour ces essais avaient une teneur moyenne de 1 pour 100 en soufre. En admettant un poids moléculaire approximatif de 250, les composés sulfo-organiques présents seraient en proportion d'environ 8 pour 100, pouvant atteindre même 10 pour 100; or, d'après les calculs précédents, cette proportion de composés sulfo-organiques donnerait le même pouvoir antidétonant que 1 pour 1000 de plomb tétraéthyle.

Ces chiffres n'ont pas la prétention de donner les valeurs exactes, ils se limitent à indiquer des ordres de grandeur; ils sont toutefois suffisants pour démontrer l'importance de la présence de composés sulfo-organiques en proportion élevée dans les carburants, pour leur donner des propriétés antidétonantes supérieures.

L'application directe de cette propriété serait l'utilisation plus ration-

nelle des pétroles et des huiles de schiste à teneur élevée en composés sulfo-organiques, comme carburant antidétonant, en donnant un peu moins cours à trop de préjugés régnant sur le compte du pouvoir corrosif de ces substances dans les moteurs à explosion.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains primaires au sud de l'oued Drâa.* Note de M. N. **Menchikoff**, présentée par M. Émile Haug.

En avril et mai 1925, j'ai eu la bonne fortune de pouvoir accompagner la reconnaissance du groupe mobile méhariste de la Saoura, qui a atteint, sous le commandement du capitaine Ressot, pour la première fois, les régions inexplorées du haut plateau du Drâa (1). J'ai eu l'occasion de recueillir de nombreux fossiles primaires que j'ai étudiés sous la direction de M. Delépine.

Les terrains primaires affleurent grâce à l'érosion de l'oued Drâa et de ses affluents, qui les ont débarrassés de l'épaisse couverture des terrains continentaux des hammadas; ils occupent d'assez grandes surfaces et sont légèrement plissés suivant la direction E.-W.

Les couches les plus anciennes observées dans cette région appartiennent au Dévonien supérieur. Elles apparaissent dans l'axe d'un anticlinal primaire érodé, que suivent successivement les oueds Rorb-el-Ethel, Bou Meghirfa et Zemoul. C'est une série de grès micacés en plaquettes, tantôt tendres, tantôt assez durs, alternant avec des argiles schisteuses rouges ou vertes. Un banc de calcaire bleuâtre s'intercale au milieu de ces grès. *Spirifer Verneuili* Murch. y est très abondant et présente une grande variété de formes. On y trouve également des Orthocères, des Térébratules et des Rhynchonelles.

La série dévonienne se termine par une nappe de dolérite de 5^m à 8^m d'épaisseur. La roche est composée essentiellement de labrador, d'augite et de magnétite. Dans certains échantillons, on trouve en outre de l'hypersthène, de la biotite et aussi de l'olivine. J'ai suivi cette nappe sur près de 150^{km}. Elle occupe partout le même niveau et sa nature varie peu suivant les régions.

La série carbonifère débute par des dépôts de mer très peu profonde. La

(1) Capitaine Ressot, *Vers le sud du Maroc et la haute Mauritanie* (*Renseignements coloniaux, Comité Afrique française*, 1926, n° 7, p. 313-333).

nappe de dolérite supporte directement une série gréseuse de quelques centaines de mètres d'épaisseur. A la base s'observent des grès micacés à « ripple-marks » et à pistes de vers (*Nereites*), atteignant une trentaine de mètres, puis viennent des grès au milieu desquels s'intercalent quelques couches riches en débris de Brachiopodes et de Lamellibranches. Certains bancs sont presque entièrement formés de débris de Fénestelles et d'autres Bryozoaires. A Bou Ghoufala, j'ai trouvé, au-dessus des grès à *ripple-marks*, *Productus semireticulatus* Mart.

La série gréseuse s'étend jusqu'au pied de la falaise du djebel Ouarksis. La falaise elle-même est formée par des calcaires bleuâtres très durs, alternant avec des couches de grès.

Le premier niveau calcaire se trouve à la base de l'escarpement. Il renferme *Productus semireticulatus* Mort. Les bancs suivants sont riches en articles de tiges de Crinoïdes.

Vers le tiers de la falaise se trouve un niveau à *Productus hemisphæricus* Sow. C'est déjà du Viséen assez élevé.

Vers les deux tiers de la série gréso-calcaire du djebel Ouarksis, les couches renferment, en assez grande abondance, des Zoanthaires : *Cyathophyllum Murchisoni* Edw. et Haime, *Aulophyllum fungites* Flem., *Dibunophyllum* aff. *Muirheadi* Thom. et Nich., fossiles caractéristiques de la zone terminale du Viséen (zone D).

Au-dessus viennent des bancs à *Lithostrotion irregulare* Phil. et *Alveolites* et la série calcaire se termine par un niveau très fossilifère à *Spirifer bisulcatus* Sow., *Productus punctatus* Mort., *P. pugilis* Phil., *P. concinnus* Sow.

Ce dernier niveau représentait peut-être déjà la base du Westphalien.

Dans la Betana, on voit reposer sur les calcaires du djebel Ouarksis plus de 1000^{m} de grès alternant avec des argiles. Les grès sont généralement très grossiers et à stratification entre-croisée. J'y ai trouvé des empreintes de tiges de Calamites et des fragments d'un bois silicifié à structure très primitive.

On ne voit pas le sommet de la formation. Elle s'enfonce près de Bou-Akba sous la falaise de la hammada.

LITHOLOGIE. — *Sur la nature chimico-minéralogique des enclaves de Fouqué-Kaméni (Santorin).* Note [1] de M. **Const.-A. Kténas**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note antérieure [2], j'ai passé en revue la constitution minéralogique des enclaves homœogènes plésiomorphes et allomorphes de l'éruption récente des Kaménis (volcan de Santorin).

J'ai complété mes recherches en étudiant les nombreux échantillons recueillis par la Mission scientifique de l'Université d'Athènes. Outre les enclaves englobées dans la lave même de Fouqué-Kaméni, on en trouve, parmi les bombes rejetées, des masses arrondies qui peuvent atteindre le volume d'un demi-mètre cube.

Le caractère minéralogique commun de toutes les enclaves, c'est la basicité très prononcée de leurs plagioclases. La bytownite et l'anorthite dominent (densité 2,739 à 2,75) [3]. Elles ne renferment que de l'augite et de l'olivine en fait de méta et d'orthosilicates [4] avec une proportion variable de matière amorphe qui ne fait défaut que dans des cas très rares (enclaves allomorphes). Je me propose, dans cette Note, de démontrer que, malgré l'analogie qualitative des minéraux constituants, la composition chimique des enclaves varie dans des limites très espacées.

Je donne ci-dessous les résultats d'analyses, effectuées par M. Raoult, de trois enclaves plésiomorphes, en mettant en regard la composition de la lave englobante (*a*, moyenne de quatre analyses) :

a. Dacitoïde andésinique à pyroxène (I)II.4'.3.4.
b. Type α d'enclave (dacitoïde labradorique) II.4(5).(3)4.4(5).
c. Type β d'enclave (labradorite *str. sensu*) II'.5.4.4(5).
d. Type γ d'enclave (labradorite bytownitique) [5] II.5.4'.4(5).

---

(1) Séance du 15 novembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 74.

(3) J'ai cherché vainement des enclaves à oligoclase analogues à celles décrites par Fouqué (*Santorin et ses éruptions*, p. 209), et dont la silice totale atteint 58,4 pour 100.

(4) Les cavités des enclaves sont parfois riches en cristaux d'*hypersthène*. Pourtant, ce minéral ne se trouve que très rarement au sein de la matière vitreuse.

(5) Cette analyse est empruntée à mes Notes antérieures.

	a.	b.	c.	d.
SiO^2	64,68	56,66	50,14	48,70
Al^2O^3	16,10	17,22	18,54	21,37
Fe^2O^3	1,96	3,44	6,04	3,60
FeO	3,78	5,31	4,55	5,17
MgO	1,08	2,71	3,70	3,92
CaO	4,15	7,82	12,34	13,08
Na^2O	4,86	4,12	2,87	2,57
K^2O	1,90	1,05	0,57	0,61
TiO^2	0,94	1,22	1,02	0,90
P^2O^5	0,16	0,07	0,09	0,09
H^2O^+	0,35	0,20	0,13	0,15
H^2O^-	0,07	0,05	0,08	0,05
MnO	0,11	0,19	0,14	0,07
	100,14	100,06	100,21	100,28

d'où l'on déduit par le calcul :

	a.	b.	c.	d.
SiO^2 libre	18,96	8,16	4,02	0
Olivine Mg^2SiO^4	0	0	0	0,42
Olivine Fe^2SiO^4	0	0	0	0,20
An pour 100	25	38	57	65

Les analyses montrent que, malgré la variation de la composition chimique, la teneur en silice libre et en silice totale des enclaves est plus faible que dans la lave. Cette propriété se trouve d'accord avec la constatation analogue faite déjà par M. A. Lacroix pour les enclaves de la Martinique et des volcans dacitiques de la mer Égée (¹). Également, la quantité de chaux non feldspathisée va en augmentant du type α (5,67 pour 100) vers le type γ (8,24 pour 100), ce qui concorde bien avec l'importance de l'augite dans les enclaves les plus basiques.

En résumé la caractéristique lithologique des enclaves plésiomorphes de Fouqué-Kaméni est la prédominance d'une série labradoritique, aboutissant d'une part à des laves parfaitement saturées, et d'autre part à des dacitoïdes labradoriques contenant jusqu'à 8,16 pour 100 de silice libre.

(¹) *Livre jubilaire de la Soc. géol. de Belgique*, 1926, p. 398.

BOTANIQUE. — *Sur le benthos à Desmidiées des lacs et étangs siliceux de plaines, dans l'Ouest et le Centre de la France.* Note de M. **Pierre Allorge**, présentée par M. Louis Mangin.

Par leur importance dans les groupements d'algues benthiques des lacs et étangs siliceux, les Desmidiées méritent de désigner ce type de benthos. L'examen de récoltes provenant d'une trentaine de réservoirs naturels, de l'Adour au Finistère et au Morvan, m'ont permis d'établir la composition de cet ensemble desmidial (¹) :

Arthrodesmus bifidus, *Bulnheimii* (L), *convergens*, *Incus*, *octocornis*, *triangularis* (S, O, BL), *subulatus* (O) ;

Closterium attenuatum, *gracile*, *incurvum*, *Lunula*, *toxon* (S, BL);

Cosmarium abreviatum (G, B) *binodulum* (G), *binum* (G, S), *bioculatum*, *connatum*, *contractum depressum*, *exiguum* (L, B, S), *fontigenum* (BL), *formosulum*, *goniodes* (P), *granatum*, *humile*, *inconspicuum* (L, P, S, O, BL), *impressulum*, *moniliforme*, *norimbergense* (G, P, B, S), *obsoletum* (L, G, B, S, BL), *monomazum* var. *polymazum* (L), *obtusatum* (G, B, S), *ordinatum* (S), *ornatum*, *ovale* (L, BL), *pachydermum* (G, S, BL), *perforatum* (S), *Phaseolus*, *Portianum*, *protractum* (G), *pseudo-exiguum* (G, P, B, S), *rectangulare* (L, G, P, S, BL), *Regnellii* (L, B, S, O), *Regnèsi*, *reniforme*, *retusum* (P), *subprotumidum* (G, P, B, S, BL), *subrectangulare* (G, S), *taxichondrum* (B, S), *tetrachondrum* (BL), *variolatum* (L);

Cosmocladium constrictum (O), *pulchellum* (O, BL), *pusillum* (L, G, P, B, S), *saxonicum* (S, O, BL);

Desmidium aptogonum, *Baileyi* (L. P, B, S, BL), *cylindricum* (L, B, O, S, BL), *pseudo-streptonema* (L), *Swartzii*;

Euastrum bidentatum (G, P, S, O, BL), *binale*, *denticulatum* (L, G, P, S, BL), *elegans*, *insulare* (L, B, S, O, BL), *spinulosum* (G, S), *verrucosum*;

Genicularia spirotœnia (P, BL);

Gonatozygon Brebissonii, *Kinahani* (BL), *lœve* (P, O), *monotœnium*;

Gymnozyga moniliformis;

Hyalotheca dissiliens, *mucosa* (L, G, S, BL), *neglecta* (L), *undulata* (L, P);

Micrasteria Crux-melitensis, *decemdentata* (L), *radiata* (L, G, S);

Netrium Digitus;

Onychonema filiforme, *lœve* var. *micracanthum* (G, S);

Penium inconspicuum (L, B, O, S);

Pleurotœnium coronatum, *Ehrenbergii*, *Trabecula* (L, G, S, O, BL);

(¹) Lacs des Landes (L), lac de Grand-Lieu (G), étang de Priziac (P) [Morbihan], étangs de la Brenne (B), de la Sologne (S), de la forêt d'Orléans (O), des environs de Bourbon-Lancy (BL). Les espèces dont les noms ne sont pas suivis d'abréviations existent dans les sept régions citées.

Sphærozosma Aubertianum (G, O, BL), *excavatum*, *granulatum*, *vertebratum* (O, P);

Spondylosium planum (G), *pygmæum* (L, O, BL);

Staurastrum anatinum (P, O, S), *apiculatum*, *Arachne* (L, P, S, BL), *Arctiscon* (L, G, O, BL), *avicula* (G, B, O, S, BL), *bibrachiatum* (L, G, P, B), *brasiliense* var. *Lundellii* (L), *brevispinum*, *connatum* (S, BL), *crenulatum* (BL), *cuspidatum*, *dejectum*, *Dickiei*, *excavatum* (L, P), *furcatum* (L, G, S), *furcigerum*, *gracile*, *grallatorium* (L), *inconspicuum* (L, P, S, O, BL), *jaculiferum* (L), *læve* (L, G, P, S), *leptocladum* (B), *lunatum* (L, G, S), *monticulosum* (B, S, O), *orbiculare*, *pterosporum* (P), *quadrangulare* (L, G, B, S, BL), *saxonicum* (L, S), *Sebaldi* (L, G, S), *senarium* (L), *striolatum* (L, G, S, O, BL), *tetracerum* (L, P, B, S), *tohopekaligense* (L, S), *vestitum*;

Triploceras simplex (L, G);

Xanthidium antilopæum, *cristatum*, *fasciculatum* (S, BL).

Presque toutes ces espèces coexistent dans une grande partie de l'Europe septentrionale et occidentale : Iles britanniques (West), Fennoscandie (Ström, Grönblad, Teiling), Allemagne (Donat), Pays-Bas (Heimans) [1] et dans l'Amérique du Nord (Lowe, G. M. Smith); elles sont associées, en général, aux *Isoetes* (sect. *Aquatica* et *Amphibia*), *Lobelia Dortmanna*, *Litorella lacustris*, *Subularia aquatica*, *Myriophyllum alterniflorum*, hydrophytes caractéristiques des lacs à faible sédimentation organique, à eaux pauvres en P, Ca et Az (= *Lobelia-Isoetes-Seen* des auteurs allemands). Les grands lacs landais, avec une végétation analogue (*Subularia* en moins), semblent réaliser ce type limnologique.

Au point de vue éco-sociologique, on distinguera, à côté du fonds d'espèces benthiques particulières à ce type, des espèces également répandues dans les cuvettes des tourbières à Sphaignes (*Netrium Digitus*, *Closterium Lunula*, *Cosmarium Portianum*, par exemple) et un petit lot d'ubiquistes indifférentes aux caractères physico-chimiques des eaux (*Hyalotheca dissiliens*, *Staurastrum gracile*, par exemple).

D'après leur répartition ces Desmidiées peuvent se distribuer en trois groupes principaux : élément cosmopolite représentant plus des trois quarts des espèces citées, élément atlantique composé d'espèces répandues surtout dans les régions nord-atlantiques (*Staurastrum Arctiscon*, *brasiliense* var. *Lundellii*, *jaculiferum* [2], *anatinum*, *Spondylosium planum*, *Cosmarium*

---

(1) J'ajouterai que je viens de reconnaître un benthos similaire dans les petits étangs siliceux de la Galice, dans le nord-ouest de l'Espagne.

(2) Ces trois espèces, surtout planctoniques, n'existent que dans les grandes masses d'eau et sont rares dans le benthos.

monomazum var. *polymazum*, *Cosmocladium* sp.) et élément tropical comportant des espèces fréquentes dans les régions tropicales et subtropicales, mais rarement signalées dans les régions tempérées (*Arthrodesmus subulatus*, *Cosmarium binum*, *obsoletum*, *retusum*, *taxichondrum*, *Onychonema laeve*).

Il faut noter enfin comme trait remarquable de cet ensemble le nombre élevé des filamenteuses et des petits *Cosmarium*.

Par tous ces caractères, ce benthos se distingue bien des autres groupements d'Algues où les Desmidiées ont aussi une part essentielle, ceux des tourbières à Sphaignes et ceux des rochers suintants.

SYSTÉMATIQUE. — *Sur la variation des plaques chez les Péridiniens.* Note (¹) de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La classification des nombreuses espèces du genre *Peridinium* est fondée en premier lieu sur la disposition des plaques de la carapace : ainsi pour les formes marines, les systèmes de classement les plus récents s'inspirent de la tabulation pour les coupures principales (Jörgensen, Pavillard, M. Lebour). Pour que cette méthode soit justifiée, il est nécessaire que l'organisation suturale manifeste une certaine constance : c'est en effet ce que l'on a observé jusqu'ici et c'est seulement dans quelques travaux récents (Barrow, Lindemann, S. Marshall, M. Lebour) qu'il est question d'une variabilité des sutures de la carapace chez quelques espèces de *Peridinium* (*P. granii*, *P. oceanicum*, *P. ovatum*).

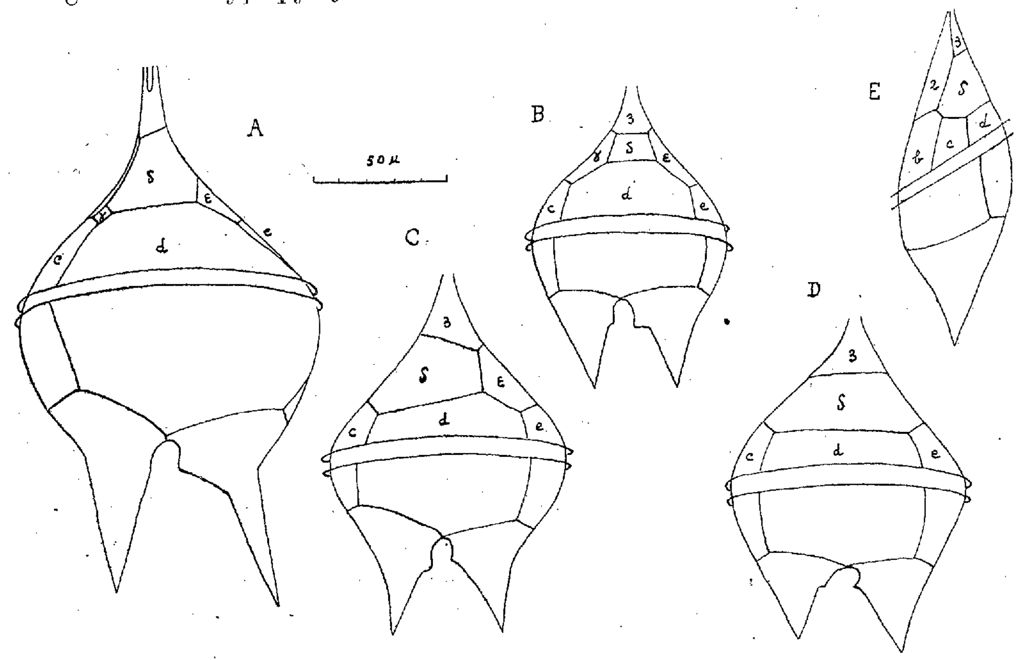
En observant les pêches de la *Silvana* dont M. L. Joubin nous a confié l'étude, nous avons reconnu plusieurs cas de variation de la tabulation, pour la plupart inédits, desquels on peut tirer certaines conclusions.

Chez quelques espèces nous avons rencontré très rarement les dispositions anormales suivantes : (*L. depressum* Bailey plaque S réunie à *d* et *e*, au lieu de l'être seulement à *d*), (*P. granii* Ostenf. plaque S réunie à *d* et *e*, au lieu de l'être à *c* et *d*), (*P. pentagonum* Gran plaque S réunie à *c* et *d*, au lieu de l'être à *c*, *d* et *e*).

Le cas du *P. ovatum* Pouchet est tout différent : alors que presque tous les auteurs le classent dans la section *humilia*, M. Lebour le place dans la section *pyriformia*, estimant que cette manière de voir est justifiée par la disposition la plus fréquente des plaques. Nous avons vérifié que cette

(¹) Séance du 15 novembre 1926.

espèce se présente bien sous deux conditions tabulaires qui constituent comme deux sortes de races : les échantillons de l'Atlantique tropical sont du type *humilia*, alors que ceux de la Manche ou de l'Atlantique nord sont en général du type *pyriformia*.



Chez le *P. oceanicum* Vanhöffen la variation se traduit par d'autres caractères encore. Il existe une variété de grande taille qui possède une plaque S du type *oceanica*, mais dont les plaques γ et ε sont très inégales, de tailles et de formes différentes (c'est le *P. oceanicum* var. *typica* où les caractères ci-dessus n'ont pas été signalés) (*fig.* A). Parmi les formes de petite taille (ce sont les var. *oblonga* ou *P. oblongum* Aurivillus), toute une catégorie d'individus possède une plaque médio-dorsale S en relation seulement avec la plaque *d* suivant le mode *oceanica* (plaques γ et ε présentes et symétriques) (*fig.* B). Un autre groupe présente une plaque S en relation avec *c* et *d* suivant le mode *tabulata :* c'est pour eux très probablement qu'a été créée l'espèce *P. claudicans* Paulsen (*fig.* C).

Enfin tout un ensemble d'individus ne se distinguant des précédents, ni par la forme, ni par la taille, ont une grande plaque δ qui est en rapport, non seulement avec les plaques *c*, *d*, *e* (ce qui serait le caractère *conica*), mais avec *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, ce qui est tout à fait anormal ; d'ailleurs cette disposition entraîne l'absence des deux plaques intercalaires γ et ε, fait inconnu

jusqu'ici et sans doute très exceptionnel dans le genre *Peridinium* (*fig.* D et E).

En résumé il apparaît que la variation de la carapace des *Peridinium* peut être, soit fortuite et extrêmement rare chez quelques espèces (*P. depressum*, *P. granii*, *P. pentagonum*), soit être normale et entraîner l'existence de plusieurs lignées ou races, semblables sous les autres rapports, et peut être en liaison avec la position géographique (*P. ovatum*, *P. oblongum*) [1]. Dans un autre ordre d'idées, on voit que cette variation peut porter sur le simple déplacement d'une suture (cas habituel), ou bien entraîner la suppression d'une ou plusieurs plaques (*P. oblongum*). Malgré tout, ces variations de la carapace ne sont pas de nature jusqu'ici à modifier le principe actuel de la classification des *Peridinium*.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'anatomie du cancer des plantes ou* crowngall. Note de M. **J. Magrou**, présentée par M. Roux.

Les cancers des plantes ou crowngalls, provoqués par le *Bacterium tumefaciens*, présentent des anomalies anatomiques dont la plus remarquable consiste en l'existence de stèles surnuméraires développées soit dans la moelle, soit dans l'écorce. M. Erwin F. Smith [2] en a signalé la présence chez des Soleils et des Tomates porteurs de crowngalls.

J'ai constaté fréquemment de telles anomalies dans des tumeurs de la tige, obtenues par inoculation du *Bact. tumefaciens* chez le Soleil (*Helianthus annuus*), la Tomate (*Solanum lycopersicum*), le Ricin (*Ricinus communis*). Mais tandis que, dans tous les cas qu'il m'a été donné d'observer, les stèles surnuméraires développées dans l'écorce ont une structure normale, avec liber périphérique et bois central, séparés par une assise génératrice libéro-ligneuse, les stèles intra-médullaires offrent une disposition intervertie : les faisceaux libériens s'y développent en dedans et les faisceaux ligneux en dehors de l'assise génératrice. Le parenchyme central de ces stèles interverties a les caractères d'une écorce; on y retrouve même, dans le cas de l'*Helianthus*, les canaux sécréteurs qui, dans la tige normale, sont situés dans le parenchyme cortical.

---

(1) Le *P. oceanicum* var. *typica* constitue certainement par contre une espèce distincte et non une race tabulaire.

(2) *Rev. Pathol. vég. et Entomol. agric.*, **11**, IV, 1924, p. 219.

L'étude d'échantillons nombreux, débités en coupes sériées, fait comprendre la genèse de ces singulières anomalies. La formation des galles sous l'influence du *Bact. tumefaciens* résulte essentiellement d'une accélération du rythme des divisions cellulaires dans l'assise génératrice libéro-ligneuse. L'accélération des cloisonnements du cambium dans le sens tangentiel aboutit à l'accroissement en épaisseur de la zone méristématique cambiale; par contre, les cloisonnements en surnombre dans le sens radial ont pour effet d'accroître la longueur de l'anneau de cambium, qui, gêné dans son développement, ne peut rester circulaire, mais est contraint de prendre une forme sinueuse, et de dessiner des évaginations qui font saillie dans l'écorce, et des invaginations qui s'avancent dans la moelle. L'assise génératrice ainsi déformée continue à fonctionner comme à l'ordinaire, produisant du bois en dedans et du liber en dehors. Il en résulte qu'au niveau d'une évagination de ce cambium sinueux, les faisceaux libériens seront situés sur la convexité de la courbure, tandis que les faisceaux ligneux en occuperont la concavité; l'inverse se produira au niveau d'une invagination ou sinuosité à concavité externe : ici les faisceaux libériens se logeront dans la concavité de la courbure, alors que le bois en occupera la convexité. Que les deux bords de la gouttière ainsi constituée viennent à se rapprocher, puis à se rejoindre, il en résultera l'isolement, au sein du parenchyme médullaire, d'une stèle à bois externe et à liber central. S'il s'agit, au contraire, d'une gouttière à concavité interne, faisant saillie dans l'écorce, le rapprochement et la fusion de ses deux bords donnera naissance à une stèle intra-corticale à bois interne et à liber externe.

De telles anomalies de structure qui, dans le cas du crowngall, sont d'origine parasitaire, ont leur équivalent dans l'anatomie normale de certaines plantes. Les faisceaux intra-médullaires de l'inflorescence du Ricin, les faisceaux étoilés du rhizome de la Rhubarbe (*Rheum officinale*), offrent des exemples de formations à structure intervertie, avec liber central et bois périphérique. Par contre, chez certaines Sapindacées, il existe, à l'extérieur du cercle fibro-vasculaire normal, des stèles à bois central et à liber périphérique. Les premières de ces structures résultent, comme l'a montré M. Dutailly (1), d'une incurvation à concavité externe, les secondes d'une

(1) G. DUTAILLY, *Sur quelques phénomènes déterminés par l'apparition tardive d'éléments nouveaux dans les tiges et les racines des Dicotylédones* (*Thèse Fac. des Sc. de Bordeaux*, 1879, p. 66 et suiv.).

incurvation à concavité interne de l'assise génératrice. Le mécanisme de leur formation est donc exactement le même que dans le crowngall.

Les stèles à structure intervertie des tumeurs végétales sont à rapprocher, d'autre part, de certaines formations que l'on observe dans les cancers du règne animal. Les globes cornés des cancers épidermiques ont, eux aussi, une structure intervertie; leur centre, occupé par des cellules kératinisées, est l'homologue de la surface épidermique normale, tandis que leur périphérie est occupée par l'assise germinative, qui, gênée dans son développement par suite de sa prolifération excessive, s'est invaginée dans la profondeur du tissu conjonctif sous-jacent. Une telle convergence entre l'histogénèse du crowngall et celle des tumeurs malignes du règne animal fournit un nouvel argument en faveur de la nature cancéreuse des galles produites par le *Bacterium tumefaciens*.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Vitesse de réaction d'une Actinie en présence d'alcaloïdes et d'extraits de glandes.* Note de M. **Raoul M. May**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Moore (¹) a montré qualitativement que des alcaloïdes tels que la strychnine et la caféine n'ont pas d'effet excitant sur le système nerveux des Cœlentérés, alors qu'il ont un effet sur celui d'animaux supérieurs à ce phylum. Les Cœlentérés ayant un système nerveux diffus [Havet (²)], ces observations ont donné lieu à la conception de Parker (³) que l'action de tels alcaloïdes pourrait être employée comme preuve physiologique de la présence de synapses. Il nous a donc semblé utile de reprendre quantitativement ces essais, non seulement avec des alcaloïdes, mais aussi avec des extraits de glandes qui, chez les vertébrés, agissent sur des organes ayant un système nerveux diffus, tel que l'intestin.

J'ai usé de la méthode que Parker (⁴) employa pour la détermination du

(¹) A. R. Moore, *Chemical differentiation of the central nervous system in invertebrates* (*Proc. Nati. Acad. of Sciences*, 3, X, 1917, p. 598-602).

(²) J. Havet, *Contribution à l'étude du système nerveux des Actiniens* (*La Cellule*, 18, II, 1901, p. 385-419, 6 planches).

(³) G. H. Parker, *The elementary nervous system* (J. B. Lippincott C°, Philadelphia, 1919, 229 pages, 53 figures, p. 208).

(⁴) G. H. Parker, *The rate of transmission in the nerve net of the Cœlenterates* (*Journ. Gen. Physiol.*, 1, 1918, p. 231-236, 4 figures).

taux de transmission dans le plexus nerveux des Cœlentérés. L'Actinie *Calliactis effœta* L. [*Sagartia parasitica* -vide Nafilyan (¹)], que l'on trouve abondamment près de Roscoff sur des coquilles de *Buccinum undatum* habitées par des *Pagurus bernhardus*, est particulièrement favorable à ce genre d'expériences.

Ayant extrait le Pagure de sa coquille, et placé celle-ci dans un petit aquarium, un crochet était passé à travers le péristome, peu sensible, de l'Actinie; le crochet était relié à un style qui inscrivait les réponses de l'animal sur un kymographe. Un second style, relié avec la clé qui ouvrait et fermait le courant stimulant, inscrivait le moment de la stimulation, et un diapason inscripteur était employé pour déterminer le temps.

L'excitation consistait en un courant faradique, appliqué au moyen d'électrodes à la base de la colonne. La vitesse de réaction normale était déterminée, puis l'alcaloïde ou l'extrait liquide de glande injecté à travers le tégument, à la base de l'animal. Ceci déterminait une contraction de l'Actinie, qui retenait de cette manière la substance injectée. La vitesse de réaction était déterminée 15 minutes après l'injection.

La vitesse de réaction de 40 *Calliactis* normales a varié de 0,37 à 5,55 dixièmes de seconde. Des *Calliactis*, excitées à plusieurs reprises, à 10 minutes d'intervalle, ont montré des variations du temps de latence allant jusqu'à 3,85 dixièmes de seconde entre le taux le plus bas et le plus haut de vitesse de réaction. Ces écarts sont plus grands que ceux trouvés par Parker (*loc. cit.*) pour *Metridium*, et sont probablement dus à une sensibilité moins grande et plus capricieuse de *Calliactis* aux excitations; nous avons affaire ici avec une Actinie dont le tégument est particulièrement robuste, et qui est habituée à recevoir constamment des chocs, à cause des mouvements des Pagures avec lesquels elle vit en symbiose.

Les alcaloïdes étaient injectés en solution de 1 pour 100 dans de l'eau de mer. J'employai du sulfate de strychnine et d'atropine, du chlorhydrate de pilocarpine, de morphine et de cocaïne, et de la nicotine pure. Les écarts dans le temps de latence après injection étaient sensiblement les mêmes que chez des animaux normaux. L'atropine qui, selon Moore (*loc. cit.*), a un effet excitant sur les Cœlentérés, ne se montra cependant pas différente des autres alcaloïdes. De même des injections d'extraits liquides, d'origine

---

(¹) Z. G. Nafilyan, *Matériaux pour la faune des Actinies des côtes de France. Les Actinies de Roscoff*. Diplôme, Faculté des Sciences, Paris.

commerciale, de surrénale, d'hypophyse, de parathyroïde et de thyroïde, tous ayant chez les Vertébrés un effet sur des organes à système nerveux diffus, ne se montrèrent pas plus efficaces pour faire varier chez *Calliactis* le taux de vitesse de réaction, qui restait dans les limites de celui d'animaux normaux.

Ces résultats sont un appui pour la théorie de Parker qui suppose des différences chimiques entre les systèmes nerveux synaptiques et asynaptiques. En effet, nous voyons que des substances qui, chez des animaux à système nerveux synaptique agissent directement sur les centres nerveux, n'ont, sur le Cœlentéré à système nerveux asynaptique, aucun effet. D'un autre côté, nous constatons que des écarts assez considérables peuvent avoir lieu dans le taux de vitesse de réaction d'un animal à système nerveux diffus.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique d'un glucoside halogéné : le 5-chlorosalicylglucoside* β. Note de M. **P. Delauney**, présentée par M. Ch. Moureu.

Le 5-chlorosaligénol (5-chlorosaligénine)

$$C^6H^3\begin{cases}CH^2OH\ (1)\\OH\ (2)\\Cl\ (5)\end{cases}$$

a été obtenu pour la première fois par Piria ([1]) en dédoublant par l'émulsine le chlorosalicoside, résultant de l'action du chlore sur le salicoside (salicine).

D'autre part, Ém. Bourquelot et H. Hérissey ([2]) ont préparé en 1913 par synthèse biochimique au moyen de l'émulsine un glucoside isomère du salicoside, le salicylglucoside β, dans lequel la glucosidification a porté sur la fonction alcoolique, tandis que dans le salicoside naturel le glucose est combiné à la fonction phénolique du saligénol.

Me basant sur les faits ci-dessus, j'ai appliqué au 5-chlorosaligénol la méthode de synthèse utilisée par ces derniers auteurs.

([1]) *Ann. der Chem. und Pharm.*, **56**, 1845, p. 52 et 60.

([2]) *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 1790; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 7e série, **8**, 1913, p. 49.

Le 5-chlorosaligénol utilisé dans ces recherches a été préparé suivant le procédé de Rivals ([1]), en réduisant au moyen de l'amalgame de sodium en présence de l'eau l'aldéhyde 5-chloro-salicylique, obtenu lui-même par l'action du chlore sec sur l'aldéhyde salicylique d'après les données de Piria ([2]).

95^{g} de chlorosaligénol ont été dissous dans environ 200$^{cm^3}$ d'acétone pure du bisulfite. On a ajouté une solution de 6^{g} de glucose dans 60$^{cm^3}$ d'eau distillée, complété à 300$^{cm^3}$ avec de l'acétone du bisulfite et filtré. Après retour à la température ordinaire, la solution présentait une déviation égale à $+3°10'$ ($l=2$). On a ajouté 3^{g} d'émulsine et le mélange a été maintenu à la température du laboratoire en agitant de temps en temps. Au bout de 18 jours, la déviation était descendue à $+1°8'$. On a filtré et évaporé à sec. Le résidu a été repris par l'éther, qui a entraîné l'excès de chlorosaligénol. Le résidu sirupeux a été porté au bain-marie bouillant pendant 20 minutes pour détruire toute trace d'émulsine, puis a été repris par 100$^{cm^3}$ d'eau distillée. La solution, à nouveau épuisée à plusieurs reprises par l'éther, a été additionnée de 2^{g} de levure de bière, après avoir été privée d'éther sous pression réduite. La fermentation terminée, on a évaporé à sec et l'extrait a été repris par l'alcool à 95^{c} bouillant, qui a abandonné par évaporation un faible résidu cristallisé, constituant le glucoside cherché. Toutefois la majeure partie de ce dernier a été obtenue en reprenant par l'éther sec le chlorosaligénol récupéré ci-dessus et rigoureusement desséché dans le vide sulfurique. Le glucoside, qui avait été entraîné en sursaturation dans les épuisements éthérés, est resté insoluble.

Le glucoside, après cristallisations successives dans l'éther acétique anhydre et dans l'alcool à 95^{c} et débarrassé de toute trace de chlorosaligénol par un dernier lavage à l'éther, se présente en fines aiguilles incolores. A l'état sec, il est coloré en vert par l'acide sulfurique concentré et froid, comme le chlorosaligénol. Sa solution aqueuse donne sensiblement la même coloration bleu violet par le perchlorure de fer dilué que le chlorosaligénol. Comme le salicylglucoside d'Ém. Bourquelot et H. Hérissey, il réduit la liqueur de Fehling, quoique plus faiblement.

Il est lévogyre. En solution aqueuse, il est hydrolysé par l'acide sulfurique et par l'émulsine. Ces deux agents d'hydrolyse provoquent un retour de la rotation vers la droite et une augmentation du pouvoir réducteur de la solution.

([1]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, 12, 1897, p. 566.

([2]) *Liebigs Annal.*, 30, 1839, p. 169.

L'étude des propriétés de ce nouveau glucoside sera complétée lorsque j'aurai pu en préparer une quantité suffisante à l'état pur. C'est le premier glucoside halogéné obtenu par synthèse biochimique.

M. **Fleury** envoie une Note sur *l'utilisation de la différence de température entre la base et le sommet des montagnes.*

La séance est levée à $16^h 15^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 30 août 1926.)

Note de M. *Krawtchouk*, Sur la méthode de N. Kryloff pour l'intégration approchée des équations de la physique mathématique :

Page 475, formules (3), (4), (5) et (6), *au lieu de* y_m, y_m^2, y_m^4, *lire* η_m, η_m^2, η_m^4.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 NOVEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ALGÈBRE. — *Un théorème sur les formes linéaires à déterminant symétrique gauche.* Note de M. ÉMILE BOREL.

Dans la Note que j'ai publiée la semaine dernière sous ce même titre, il s'est glissé, après la correction des épreuves, une faute d'impression qui détruit complètement le sens de toute la Note. Dans l'énoncé du théorème A, page 926, ligne 3, au lieu de lire *les relations* (1) *sont incompatibles*, il faut lire *les relations* (1) *sont compatibles*.

J'ajouterai que l'énoncé devient peut-être plus élégant si l'on remplace l'inégalité (3) par l'égalité

$$y_1 + y_2 + \ldots + y_n = 1$$

qui lui est au fond équivalente en vertu de l'homogénéité des équations en y.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la méthode de Delaunay.* Note de M. H. ANDOYER.

Soient les équations canoniques telles que

$$\frac{dA}{dt} = \frac{\partial H}{\partial g}, \qquad \frac{dg}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial A}, \qquad \ldots;$$

H est de la forme

$$P + Qe^{\varphi} + H',$$

en désignant par P et Q des fonctions de A, B, ..., par φ un argu-

ment $pg+qh+\ldots+s(n't+\omega)$, où $p, q, \ldots, s$ sont des entiers quelconques, tandis que n' et ω sont des constantes.

I. Imitant Delaunay, mais dissociant ses opérations, laissons de côté H'. Si $A_0, B_0, \ldots, g_{00}, h_{00}, \ldots$ sont des constantes arbitraires, et si P devient P_0 quand on y remplace A, B, ... par $A_0, B_0, \ldots$, faisons

$$g_0=-\frac{\partial P_0}{\partial A_0}t+g_{00}, \qquad \ldots, \qquad \varphi_0=pg_0+\ldots+s(n't+\omega);$$

on peut manifestement trouver pour les équations proposées, ainsi réduites, une solution de la forme

$$A=A_0+pS, \ \ldots, \ g=g_0+g', \ \ldots,$$

$S, g', h', \ldots$ étant des séries entières par rapport à e^{φ_0}, privées de terme constant, et dont les coefficients dépendent de $A_0, B_0, \ldots$; soit

$$S=S_1e^{\varphi_0}+S_2e^{2\varphi_0}+S_3e^{3\varphi_0}+\ldots,$$
$$g'=g_1e^{\varphi_0}+g_2e^{2\varphi_0}+g_3e^{3\varphi_0}+\ldots;$$

on a aussi

$$\varphi=\varphi_0+\varphi'=\varphi_0+pg'+qh'+\ldots.$$

Les *crochets* de Lagrange, que l'on envisage dans la théorie élémentaire de la variation des constantes, sont indépendants de t : il en résulte immédiatement que les constantes $A_0, B_0, \ldots$ et les arguments $g_0, h_0, \ldots$, forment un nouveau système d'éléments canoniques associés, et que, pour achever l'intégration des équations proposées, il suffit de déterminer A_0, $g_0, \ldots$, par des équations toutes semblables, en mettant P_0+H' à la place de H et exprimant H' à l'aide des nouvelles inconnues.

II. Cette simplification extrême de la *méthode de Delaunay* n'est pas uniquement théorique, comme on pourrait le penser en raison de la présence nécessaire dans H' du terme $Qe^{-\varphi}$, conjugué de celui qui a disparu par l'opération précédente. Avant d'en tenir compte, précisons le calcul de cette opération.

L'indice de $A_0, g_0, \ldots, \varphi_0$ étant supprimé sans inconvénient, soit

$$n=-\Delta P+n',$$

en désignant par Δ l'opérateur $p\frac{\partial}{\partial A}+q\frac{\partial}{\partial B}+\ldots$.

On a d'abord

$$S_1=\frac{Q}{n},$$

et en utilisant l'intégrale

$$P - n'S + Q e^{\varphi} = \text{const.},$$

où l'on remplace $Q e^{\varphi}$ par $\frac{dS}{dt}$, il vient ensuite

$$n\left(\frac{\partial S}{\partial \varphi} - S\right) = \frac{1}{2}\Delta n\, S^2 + \frac{1}{6}\Delta^2 n\, S^3 + \ldots$$

d'où, en ne dépassant pas, ici et dans la suite, le troisième degré par rapport à Q ou ses dérivées,

$$S_2 = \frac{1}{2}\frac{\Delta n}{n} S_1^2; \qquad S_3 = \frac{1}{48}\frac{\Delta^2(n^4)}{n^4} S_1^3; \qquad \ldots.$$

On obtient enfin g', h', ... en écrivant que les crochets $[A, g]$, $[B, h]$, ... se réduisent effectivement à l'unité, c'est-à-dire que

$$\frac{\partial g'}{\partial \varphi} = -\left(1 + \frac{\partial \varphi'}{\partial \varphi}\right)\frac{\partial S}{\partial A} + \frac{\partial S}{\partial \varphi}\frac{\partial \varphi'}{\partial A}, \qquad \ldots,$$

ce qui donne

$$g_1 = -\frac{\partial S_1}{\partial A},$$
$$2g_2 = -\frac{\partial S_2}{\partial A} - S_1^2\frac{\partial}{\partial A}\left(\frac{\Delta S_1}{S_1}\right),$$
$$3g_3 = -\frac{\partial S_3}{\partial A} - \frac{1}{2}S_1^3\frac{\partial}{\partial A}\left[\Delta\left(\frac{\Delta S_1}{S_1}\right) + \frac{\Delta S_2}{S_1^2}\right] + (\Delta S_1)^3\frac{\partial}{\partial A}\left[\frac{S_2}{(\Delta S_1)^2}\right], \qquad \ldots.$$

Toutes ces formules sont simples, et chacune d'elles est finie.

III. On tiendra compte du terme $Qe^{-\varphi}$ de H' en l'exprimant d'abord à l'aide des nouvelles variables; il devient ainsi

$$Qe^{-\varphi} + \Delta(QS_1) + Q''e^{\varphi} + \ldots,$$

sans qu'il soit utile de calculer explicitement le coefficient Q'', du troisième ordre.

Le terme $Qe^{-\varphi}$ disparaîtra grâce à la substitution conjuguée de celle qui a fait disparaître Qe^{φ}; et l'effet de cette nouvelle substitution réduira l'expression ci-dessus à

$$\Delta(QS_1) + Q''e^{\varphi} + S_1\Delta^2(QS_1)e^{-\varphi} + \ldots.$$

En posant

$$\frac{Q''}{n} = S_1'', \qquad \frac{S_1}{n}\Delta^2(QS_1) = S_1', \ldots,$$

on voit que, finalement, pour faire disparaître avec Delaunay l'ensemble des termes $Q(e^{\varphi}+e^{-\varphi})$ de la fonction H, on est amené à remplacer successivement $A, g, \ldots$ par

$$\begin{aligned} &A+p[(S_1+S''_1)e^{\varphi}+S_2e^{2\varphi}+S_3e^{3\varphi}+\ldots], \\ &g-\frac{\partial}{\partial A}(S_1+S''_1)e^{\varphi}+g_2e^{2\varphi}+g_3e^{3\varphi}+\ldots, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{aligned}$$

puis par

$$\begin{aligned} &A+p[(S_1+S'_1)e^{-\varphi}+S_2e^{-2\varphi}+S_3e^{-3\varphi}+\ldots], \\ &g+\frac{\partial}{\partial A}(S_1+S'_1)e^{-\varphi}-g_2e^{-2\varphi}-g_3e^{-3\varphi}+\ldots, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots; \end{aligned}$$

et, en même temps, il faut augmenter ce qui reste de la fonction H de la quantité constante $\Delta(QS_1)$.

En composant les deux substitutions indiquées, on constate d'abord qu'il s'introduit dans les valeurs résultantes de $g, h, \ldots$ des parties constantes égales à $-\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial A}[\Delta(S_1^2)], \ldots$; en raison de leur forme, on peut les laisser de côté, à la condition d'augmenter φ de $\frac{1}{2}\Delta^2(S_1^2)$.

On obtient alors la substitution définitive unique

$$\begin{aligned} &A+p[\Delta(S_1^2)+(S_1+\delta S_1)(e^{\varphi}+e^{-\varphi})+S_2(e^{2\varphi}+e^{-2\varphi})+S_3(e^{3\varphi}+e^{-3\varphi})+\ldots], \\ &g+(g_1+\delta g_1)(e^{\varphi}-e^{-\varphi})+g_2(e^{2\varphi}-e^{-2\varphi})+g_3(e^{3\varphi}-e^{-3\varphi})+\ldots, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{aligned}$$

avec

$$\begin{aligned} \delta S_1 &= S'_1+\frac{1}{2S_1}\Delta(S_1^2S_2)+\ldots, \\ \delta g_1 &= -\frac{\partial(\delta S_1)}{\partial A}+\frac{1}{2S_1}\frac{\partial}{\partial A}\left[\frac{1}{2}S_1^2\Delta^2(S_1^2)+S_1^2\Delta S_2\right]+\frac{1}{\Delta S_1}\frac{\partial}{\partial A}[S_2(\Delta S_1)^2]+\ldots, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

Il peut arriver, d'une façon tout à fait exceptionnelle, que l'approximation ici retenue ne soit pas suffisante; on y remédiera facilement, dans chaque cas particulier, en s'inspirant des mêmes principes.

GÉODÉSIE. — *Le Parallèle de Meknès (Triangulation et Nivellement).* Note [1] de M. **Georges Perrier.**

Une précédente Communication [2] a fait connaître l'ensemble des travaux géodésiques de premier ordre commencés au Maroc en 1920, et dont nous avons exercé, jusqu'en 1924, la direction technique. La première chaîne où les observations ont été achevées (au printemps de 1923) est la portion du Parallèle de Meknès comprise entre la région de Meknès et celle de Casablanca. Les réductions définitives en ont été entreprises au milieu de 1923, selon le plan que nous avions indiqué, et exécutées en quelques mois, au Bureau des Calculs de la Section de Géodésie, par M. Hasse, chef du Bureau, et par MM. Jouanno et Périn.

Cette portion de chaîne de 200 kilomètres constitue un exemple typique d'une triangulation conduite sensiblement dans la direction d'un parallèle, appuyée à chacune de ses extrémités sur une base, dont un certain nombre de sommets ont été rattachés à des lignes de nivellement de précision, enfin comprise entre deux stations où l'on a mesuré avec toute la précision possible les éléments astronomiques fondamentaux, c'est-à-dire la latitude, la longitude et un azimut, et parsemée de déterminations astronomiques de latitudes secondaires.

Les bases sont : à l'extrémité est, celle d'Agouraï, au sud de Meknès, mesurée en avril-mai 1920 sous la direction du commandant Cornudet ($12281^{m},419$); à l'extrémité ouest, celle de Ber Rechid, au sud de Casablanca, mesurée en novembre 1922 sous la direction du commandant Figaret ($11036^{m},561$). Chacune a été mesurée trois fois à l'aide de trois fils invar de 24^{m}, deux fils étant employés pour chaque mesure [3].

La base d'Agouraï a été divisée en quatre sections, celle de Ber Rechid en trois. Les erreurs déduites des mesures des diverses sections sont :

---

(1) Séance du 22 novembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 817 (voir la figure page 819).

(3) Les résultats fournis par un des fils pour la base d'Agouraï ont dû être rejetés à cause d'un accident survenu à ce fil au cours de la mesure.

	Bases de	
	Agouraï.	Ber Rechid.
Erreur moyenne kilométrique.........	$\pm 1^{mm},25$	$\pm 1^{mm},45$
Erreur moyenne de la base...........	$\pm 4,4$ ± 1 2.791.232	$\pm 4,8$ ± 1 2.299.283

En général, la reconnaissance de la chaîne, comportant le choix des sommets et la construction des signaux, n'a pas offert de trop grandes difficultés, pas plus que les observations.

La campagne pendant laquelle les difficultés techniques ont été le plus malaisément surmontées a été sans contredit la première, celle de 1920-1921, où, pour la reconnaissance d'une base, celle d'Agouraï, et de son rattachement, opération toujours délicate, des officiers pleins d'ardeur, mais nouveaux venus à la Géodésie, étaient trop souvent réduits à demander conseils et instructions à Paris.

La plupart des signaux de premier ordre employés en Algérie et Tunisie, ont été des signaux maçonnés, causant des erreurs de phase et obligeant à stationner en des points excentriques. Pour éviter ces inconvénients, nous avons prescrit aux officiers observateurs d'employer des mires en bois du type usité en France, mais noyées dans une construction maçonnée, et d'observer toujours au centre.

Les mesures d'angles horizontaux ont été faites par la méthode des angles à l'aide de cercles azimutaux réitérateurs à quatre microscopes de Brunner, instruments déjà anciens, mais admirables et inégalés, de diamètre $0^{m},42$. Le poids d'une direction finale en chaque station est 20 à 24 environ (unité de poids : poids d'une direction isolée observée).

Le calcul de la chaîne a été entrepris et terminé avant l'adoption d'un ellipsoïde de référence international par la Section de Géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale, à son Assemblée générale de Madrid, en octobre 1924. Aussi la chaîne est-elle calculée sur l'ellipsoïde de Clarke (1880), en usage depuis une quarantaine d'années au Service géographique et dont l'inverse de l'aplatissement, 293,465, est malheureusement reconnu erroné d'environ 3 à 4 unités.

La Section de Géodésie de l'Union a insisté à Madrid pour que les triangulations nouvelles, exécutées dans des pays récemment conquis à la Géodésie, soient calculées sur le nouvel ellipsoïde international, ne serait-ce, en dehors d'autres avantages, que pour rendre comparables les résultats

scientifiques d'ordre général obtenus au prix de travaux longs et pénibles. Reprendre sur cet ellipsoïde le calcul d'une chaîne de 200 kilomètres, déjà effectué sur une autre surface de référence, est peu de chose. Il est à souhaiter que ce travail soit exécuté et que la triangulation définitive du Maroc soit désormais calculée sur l'ellipsoïde international.

Au moment d'entreprendre la compensation de la chaîne Meknès-Casablanca, la question s'est posée de savoir s'il convenait de l'effectuer par la méthode de calcul éprouvée, basée sur l'emploi du procédé des moindres carrés, tel qu'il a été codifié par Gauss, ou par une méthode graphique préconisée, en dehors de la Section de Géodésie du Service géographique, comme devant avoir les plus heureux résultats.

Celle-ci consistait en somme dans la généralisation et l'application aux triangulations de premier ordre du procédé de compensation en coordonnées rectangulaires sur le plan, usité, pour des triangulations de faible étendue, par les Ingénieurs Hydrographes, ou pour des réseaux d'ordre inférieur. Une sorte de concours entre les deux méthodes a été institué et réglementé le 14 août 1923. Les résultats fournis par la nouvelle méthode ne sont pas encore connus. Les coordonnées rectangulaires des points de la chaîne dans le système de projection Lambert adopté pour le Maroc ont dû être déduites des coordonnées géographiques, calculées sur l'ellipsoïde, par les formules de Benoît, après compensation de la chaîne par le calcul.

Cette compensation a été faite en prenant comme inconnues les corrections aux directions et en réalisant l'accord des deux bases, sur le modèle de celle que nous avons réalisée pour la Section sud de la nouvelle Méridienne de France (¹). Toutefois, pour simplifier, les réseaux de rattachement des deux bases ont été compensés séparément, puis la chaîne intermédiaire qui les relie a été compensée en réalisant l'accord des deux côtés extrêmes où aboutissent les réseaux de rattachement des bases.

Le terme constant de l'équation d'accord de ces côtés est — 4,16 unités du 6ᵉ ordre décimal du logarithme, ce qui correspond à une fermeture ou erreur relative

$$\frac{10^{-6} \times 4,16}{\text{module des logarithmes vulgaires}} = \frac{1}{104.394}$$

(soit $0^{m},106$ sur la base de Ber Rechid, $0^{m},112$ sur celle d'Agouraï).

Le tableau ci-après résume les résultats obtenus.

(¹) *Bulletin géodésique*, n° 9, janvier-février-mars 1926, p. 23.

	Nombres d'inconnues.	Nombres d'équations de condition.	Nombres de triangles.	M = Erreur moyenne d'un angle final. Calcul approché par la formule de l'Association géodésique internationale (¹).	M = Erreur moyenne d'un angle final. Calcul rigoureux par la compensation (²).
Réseau de la base d'Agouraï..	34	18	15	2",26	3",82
Réseau de la base de Ber Rechid..................	40	20	20	1,55	3,96
Chaîne intermédiaire........	52	22	21	3,53	5,80

Les distances zénithales, toujours réciproques, ont été déterminées par cinq réitérations à l'aide de théodolites réitérateurs, en général du type à microscopes Huetz (diamètre du limbe vertical : 14^cm). Il ne pouvait être question de les observer effectivement simultanées; mais pour 57 côtés sur 59, on peut les considérer comme telles, car on s'est astreint à observer autant que possible au milieu de la journée, dans l'intervalle des heures où la réfraction est minimum et sensiblement constante.

La réduction de ces observations de distances zénithales, le calcul des coefficients de réfraction et celui des différences d'altitudes, la compensation de celles-ci ont été effectués en s'inspirant de ce que nous avions déjà fait à l'occasion du nouvel arc de méridien équatorial (³).

Dans cette compensation, on a considéré comme fixées d'avance les altitudes de huit stations rattachées au nouveau réseau de premier ordre du nivellement de précision du Maroc, réseau entrepris à l'automne 1922 sous la direction du lieutenant des Aubrys. Malheureusement, depuis 1923, sauf les termes de la base de Marrakech, aucune nouvelle station géodésique de premier ordre n'a été reliée au nivellement.

Aucune loi réellement bien nette ne paraît se dégager de l'examen des coefficients de la réfraction obtenus. Une étude complète de la réfraction au Maroc s'impose, analogue à celle que nous avons faite en Équateur (⁴),

(¹) $M = \pm\sqrt{\frac{\Sigma E^2}{3N}}$ [E, erreurs de fermeture des triangles; N, nombre total des triangles compensés (15, 20 ou 21)].

(²) $M = \pm\sqrt{2}\sqrt{\frac{\Sigma v^2}{r}}$ (v, corrections aux directions obtenues par la compensation; r, nombre des équations de condition).

(³) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 538 et 601.

(⁴) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 538.

dût-on y consacrer tout le temps nécessaire, et cela surtout si le réseau de nivellement de précision n'englobe plus de stations géodésiques.

MM. Hasse, Jouanno et Périn ont préparé tous les tableaux pour la publication, conformes, sauf de légères modifications, aux divers modèles que nous avons étudiés et adoptés pour la publication de la Mission de l'Équateur et en employant les mêmes notations.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'utilisation de l'énergie des eaux chaudes naturelles. Remarques au sujet de la Note de MM. G. Claude et P. Boucherot* (1). Note de M. **P. Villard.**

Il existe des sources d'énergie thermique, capables d'un rendement thermodynamique environ double de celui qu'on peut obtenir avec l'eau chaude des mers tropicales, et qui offrent le grand avantage d'être situées en France, c'est-à-dire à proximité des consommateurs : je veux parler des sources thermales.

On utilise quelquefois ces eaux chaudes naturelles pour le chauffage; on pourrait les employer à faire fonctionner des machines à vapeur, alternatives ou à turbines; la pression disponible serait 8 à 10 fois plus grande qu'avec les eaux des mers chaudes (2), d'où des conditions moins dures en ce qui concerne le vide à réaliser dans les condenseurs, et des dimensions moindres pour les machines.

Il serait aisé de trouver sur place l'eau froide indispensable, et, dans les pays montagneux où se trouvent le plus souvent les sources thermales, la température du condenseur pourrait, en hiver, être abaissée jusqu'au voisinage de zéro, celle de la source chaude restant, au contraire, invariable. Il en résulterait un accroissement sensible du rendement et de la puissance dans la saison où la consommation augmente.

La construction des usines et l'installation des câbles ne présenteraient évidemment aucune difficulté.

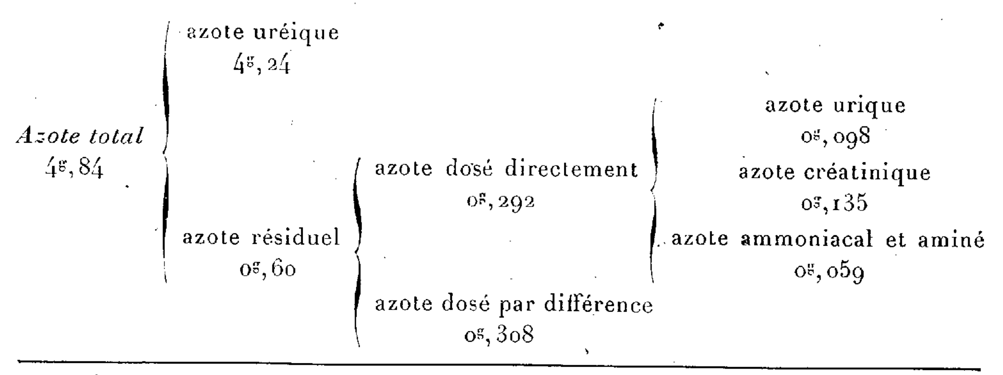
(1) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 929.
(2) Amélie-les-Bains : 63°; Dax : 60° (à proximité de l'Adour).

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Étude de modifications apportées dans la formule azotée du sérum sanguin par l'imperméabilité rénale.* Note de MM. **F. Widal** et **M. Laudat**.

Nous avons étudié ([1]) la formule azotée du sérum sanguin de l'homme normal. En nous basant sur douze observations prises chez des sujets sains laissés à un régime mixte ordinaire, nous avons constaté que le rapport azoturique était exprimé par un chiffre moyen de 52,5 pour 100, l'urée comptant pour $0^g,252$ et l'azote résiduel pour $0^g,11$. Nous avons fait remarquer que ces chiffres pouvaient être modifiés chez l'homme sain suivant certaines circonstances telles que l'exercice musculaire violent, le jeûne prolongé, un régime fortement carné ou strictement végétarien.

Nous voulons montrer aujourd'hui que, dans l'imperméabilité rénale vis-à-vis des substances azotées, la formule du sérum sanguin se trouve modifiée, tant dans le taux de ses éléments que dans leurs rapports respectifs.

On comprend aisément que, si le rein malade ne laisse plus passer normalement les déchets du métabolisme des protéines, ceux-ci s'accumuleront peu à peu dans le sang. Cette rétention ne modifierait point les rapports que nous avons observés à l'état normal si le pouvoir de concentration du rein était le même pour toutes les substances azotées et si, d'autre part, ces déchets représentaient tous des formations définitives. Or, il n'en est pas ainsi comme on peut le voir en examinant la formule d'un brightique grand azotémique dont voici les chiffres des substances azotées, dosées dans le sérum sanguin. Nous avons choisi à dessein un cas dans lequel la rétention azotée est exceptionnellement élevée.



([1]) F. Widal et M. Laudat, *Formule azotée du sérum sanguin, sa constance chez le sujet sain* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 95, n° 34, 20 novembre 1926, p. 1233).

Pour 100 parties d'azote total :

	Pour 100.
Azote uréique	87,6
» résiduel	12,4

L'azote résiduel provient pour une part de substances où il est dosable et pour l'autre de substances où il ne l'est pas. L'azote résiduel provenant de substances où il est dosable se décompose de la façon suivante :

	Pour 100.
Azote urique	2,025
» créatinique	2,790
» ammoniacal et aminé	1,220
Le total de l'azote non uréique dosé directement est donc de	6,035
L'azote résiduel provenant de substances qui ne peuvent être actuellement dosées est de	6,363

Ces chiffres s'expriment encore en une notation plus familière :

	g
Urée	9,08
Acide urique	0,296
Créatinine préformée	0,25
Créatinine totale	0,363
Ammoniaque et acides aminés (exprimé en NH^3)	0,071

Ce qui frappe en premier lieu c'est l'accroissement considérable de l'urée vis-à-vis des autres substances azotées.

Le rapport azoturique du sérum exprime très bien cette différence; alors que chez le sujet normal il est de 52 pour 100 nous le trouvons ici de 87,6 pour 100. Ceci caractérise l'imperméabilité rénale aux substances azotées; même dans les rétentions au début, le rapport s'élève toujours au-dessus de la normale. Mais cela n'est vrai que s'il y a rétention proprement dite et non une simple élévation du taux de la constante uréo secrétoire, sans rétention uréique.

Les autres corps azotés s'accumulent eux aussi, mais dans des proportions moins importantes. Ainsi chez le grand azotémique dont nous venons de donner la formule azotée du sérum sanguin, l'urée atteint un taux plus de 30 fois supérieur au chiffre normal; l'acide urique est seulement 6 fois plus élevé et la créatinine totale à peine décuplée.

Notre formule nous montre que des facteurs extra-rénaux interviennent pour modifier le schéma de la rétention. Ainsi, chez le sujet normal, la créatinine préformée représente environ le tiers de la créatinine totale;

chez notre grand azotémique elle atteint les deux tiers. Il semble donc que la créatine retenue se transforme en partie dans l'organisme et vient accroître le taux de la créatinine.

Mais le fait le plus important est constitué par l'absence de variations notables dans le taux de l'ammoniaque et des acides aminés.

Alors que chez le sujet sain il s'élève exprimé en ammoniaque, à $0^g,051$ nous ne trouvons chez le grand brightique qu'une augmentation bien minime : $0^g,071$. Aussi il ne constitue plus dans le bloc de l'azote total qu'une fraction presque négligeable : 1,21 pour 100 alors qu'à l'état normal il en représentait presque le cinquième. L'ammoniaque et les acides aminés échappent donc presque complètement à la rétention contrairement à ce qui a été avancé par divers auteurs. Nous pensons, comme l'avait présumé l'un de nous avec Ronchèse, que ces substances du fait de la circulation sont soumises continuellement à l'action du foie; celui-ci les décompose et les transforme en urée, l'élément définitif qui ne peut être modifié.

Nous pensons aussi que si l'acide urique et la créatinine ne s'élèvent pas davantage cela résulte probablement d'actions analogues à celle du foie sur les substances ammoniacales et aminées. Myers, Fine et Lough ont montré en 1916 que le pouvoir de concentration du rein vis-à-vis de l'acide urique était quatre fois plus faible qu'à l'égard de l'urée. Dans ces conditions si le pouvoir de concentration intervenait seul, le taux de l'acide urique devrait être chez les brightiques relativement plus élevé que celui de l'urée. Nous avons vu que les faits établissaient exactement le contraire. Il en est de même pour la créatinine et pour l'azote indéterminé que nous ne pouvons évaluer que par différence.

Les déductions que nous venons de tirer de la formule azotée d'un brightique azotémique sont également vraies à tous les stades et dans toutes les formes de l'imperméabilité rénale aux substances azotées, qu'elles soient aiguës ou chroniques, directes ou indirectes. Nous nous appuyons pour affirmer ces faits sur l'étude de plus de trois cents cas de rétention azotée. Très fréquemment les sujets ont pu être examinés à plusieurs reprises; parfois même dans certains cas favorables il a été possible d'établir jusqu'à quinze fois la formule azotée durant l'évolution de la maladie. Seul, un trouble du foie pourrait faire obstacle à cette règle.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers*
Note (¹) de M. Georges Claude.

A la suite de la Communication que j'ai présentée dans la précédente séance en collaboration avec M. Paul Boucherot sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers, notre confrère M. Lumière a bien voulu me faire connaître un remarquable travail de M. Tito Romagnoli paru en janvier 1923 dans l'*Elettrotecnica*.

Dans ce travail très documenté, l'auteur étudie différents modes d'utilisation possibles de la chaleur solaire; mais j'ai le devoir de signaler qu'il attache une toute particulière importance à des idées assez voisines des nôtres, bien qu'appliquées par des moyens différents à un cas plus restreint et plus simple, idées exprimées par MM. Marius Dornig et Boggia, de Milan.

Ces auteurs se sont proposé d'utiliser pour la production de la force motrice la différence de températures (24°-8°) qui, en été, existe entre l'eau de surface des lacs italiens et l'eau des profondeurs que refroidit, sinon le rayonnement polaire, du moins la fonte des neiges des hautes montagnes voisines. Cette utilisation serait obtenue par l'intermédiaire d'un gaz liquéfié comme l'ammoniaque.

L'étude approfondie de l'application de ce procédé aux lacs de Bolsena et de Bracciano montre que l'installation d'une puissance brute de 14000 kilowatts et nette de 10000 kilowatts nécessiterait une dépense de 18 millions de lire (²). C'est d'un ordre de grandeur comparable à ce que nous avons trouvé nous-mêmes pour de petites installations comme celles-là dans le cas plus difficile de la mer, et par notre solution de l'utilisation directe de la vapeur d'eau, qui, à côté de quelques difficultés supplémentaires, présente de grands avantages (³).

Complément à la Note précédente, par M. Georges Claude.

A la suite de la Communication ci-dessus, M. Dornig a bien voulu m'écrire pour me faire savoir que c'est à l'Américain Campbell et à un

(¹) Séance du 22 novembre 1926.
(²) Au change de 1922.
(³) Prière de lire dans la Communication précédente, page 931, avant-dernière ligne, que la vapeur se détend entre $0^{atm},03$ et $0^{atm},01$, et page 933, ligne 9, lire *le froid* au lieu de *l'eau froide*.

très intéressant article paru en 1913 dans *Engeneering News* qu'il faut faire remonter l'idée d'utiliser l'énergie thermique des mers à la production de la force motrice, en employant toutefois comme intermédiaire les gaz liquéfiés.

J'espère que la possibilité, démontrée par nous, d'employer directement la turbine à vapeur d'eau et que la perspective de corriger par le froid des eaux profondes les effets de la chaleur et de l'humidité tropicales apportent à la question des éléments d'intérêt assez puissants pour en hâter la réalisation pratique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *A propos d'une Note de MM. Chemin et Legendre sur l'existence de l'iode libre chez* Falkenbergia Doubletii *Sauv*. Note de M. G. SAUVAGEAU.

Dans une Note présentée à l'Académie le 18 octobre dernier, et insérée dans les *Comptes rendus* seulement un mois plus tard [1], MM. Chemin et Legendre annoncent qu'ils ont récolté aux environs de Brest et aux îles Glénans, où sa présence était à prévoir, une petite Algue floridée, le *Falkenbergia Doubletii,* dont j'ai signalé la récente apparition sur nos côtes. C'est l'une des espèces où j'ai annoncé que des organes spéciaux ou ioduques, et en moindre quantité le suc cellulaire, renferment de l'iode à l'état libre; je démontrais en même temps que, dans les parties âgées de la plante et dans les individus conservés dans un cristallisoir, cet iode libre passe à l'état combiné, d'où le libèrent l'acide chromique et surtout l'action successive du nitrate de soude et de l'acide sulfurique [2]. Or MM. Chemin et Legendre ont constaté, sur leurs exemplaires des Glénans étudiés à Concarneau, seulement la présence d'iode à l'état de composé labile, d'où il se libère par une acidification même légère, et non la présence d'iode à l'état libre.

Les auteurs ne disent pas expressément que mes assertions sont erronées; toutefois, si ce n'est ce qu'ils désiraient faire savoir, leur Note aurait peu de

(1) E. CHEMIN et LEGENDRE, *Observations sur l'existence de l'iode libre chez* Falkenbergia Doubletii *Sauv.* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 904).

(2) C. SAUVAGEAU, *Sur une Floridée* (Polysiphonia Doubletii *mscr.*) *renfermant de l'iode à l'état libre* (*Comptes rendus,* **181**, 1925, p. 293). *Sur quelques Algues floridées renfermant de l'iode à l'état libre* (*Bulletin Stat. biologiq. d'Arcachon*, **22**, 1925, p. 3-43).

raison d'être. Elle n'est d'ailleurs pas à l'abri de la critique. Ainsi ils attribuent le bleuissement du papier sur lequel ils écrasent l'Algue au faible pH de ce papier; j'ai cependant mentionné que le même bleuissement s'obtient sur des linges lessivés, ce qui ne peut être attribué à leur acidité. Ils n'ont pas refait l'expérience qui consiste à écraser un filament dans de l'eau de mer renfermant des grains d'empois fraîchement préparé; l'empois bleuit *instantanément* et cependant l'eau de mer n'est pas acide, non plus que l'empois ajouté. Ils n'ont pas fait agir le bleu de crésyl, qui fait promptement apparaître, dans les cellules, des cristaux identiques à ceux que provoquerait de l'iode métalloïdique. Ils n'ont pas essayé de dissoudre l'iode de *Falkenbergia* dans le chloroforme neutre, ce que MM. Denigès et Chelle réussirent devant moi.

Même si MM. Chemin et Legendre, au lieu de se contenter d'une « série d'essais rapides » et négatifs, reprenaient l'étude du *Falkenbergia*, sur place et non sur des exemplaires transportés, même s'ils employaient une technique plus démonstrative, et s'ils confirmaient alors le résultat qu'ils ont annoncé, ce résultat n'aurait pas l'importance que ces auteurs voudraient lui attribuer. Il prouverait seulement que la plante des Glénans combine son iode plus vite que celle du golfe de Gascogne, mais il n'infirmerait en rien ce que j'ai publié à ce sujet.

M. **A. Bigot** fait hommage à l'Académie de brochures intitulées :

1° *Notice sur la géologie et les régions naturelles de l'Orne, accompagnée d'une Carte et de trois Coupes géologiques;*

2° *Les Blocs exotiques des environs de Luc-sur-Mer, d'après un Travail de M. Edmond Hué;*

3° *Centenaire de la Société Linnéenne de Normandie* (1823-1923).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Calcul différentiel absolu*, par R. Lagrange, fascicule XIX du *Mémorial des Sciences mathématiques*. (Présenté par M. Émile Borel.)

2° Deux cartes dressées par la COMPAGNIE FERMIÈRE DES CHEMINS DE FER TUNISIENS : *Tunisie physique et administrative, Tunisie économique et touristique.*

ARITHMÉTIQUE. — *Sur la distribution des nombres premiers.* Note [1] de M. KRAWTCHOUK, présentée par M. Hadamard.

Comme suite aux recherches de Kronecker (*Monatsber. Berl. Ac.*, 1880) et de E. Hecke (*Gött. Nachr.*, 1917), nous pouvons énoncer le théorème suivant :

I. *Soit* $j < q$, $(j, q) = 1$, $(\Delta, q) = 1$, *où* Δ *est le discriminant d'une équation irréductible* $f(x) = (x - x_1)\ldots(x - x_n)$. *Alors on a*

$$(1) \qquad \Sigma V_{p_j} p_j^{-s} = \frac{1}{\varphi(q)} \log \frac{1}{s-1} + P_j(s-1) \qquad (s > 1),$$

où p_j *sont des nombres premiers vérifiant la condition* $p_j \equiv j \pmod q$, V_p *est le nombre des racines de la congruence* $f(x) \equiv 0 \pmod p$ *et* $\lim_{s=1} P(s-1)$ *est finie.*

Pour $j = 1$ la formule (1) découle de l'égalité suivante de Kronecker (*loc. cit.*, p. 156) :

$$(2) \qquad \Sigma V_p p^{-s} = \log \frac{1}{s-1} + P(s-1) \qquad (s > 1),$$

appliquée à l'équation $F(z) = 0$ ayant les racines

$$\chi_j e^{\frac{2\pi i}{q} g} \quad [j = 1, 2, \ldots, n; g = 1, \ldots, \varphi(q)].$$

Dans le cas général la démonstration se base sur les égalités suivantes :

$$(3) \quad \Sigma N^{-s}(m_j) = \frac{P_j(s-1)}{s-1} \qquad [s > 1; j \neq 1, \ldots, \varphi; P_1(0) = \ldots = P_\varphi(0) \neq 0],$$

où $N(m)$ sont les normes des idéaux vérifiant la condition $N(m_j) \equiv j \pmod q$. Soient : π, les idéaux ayant pour normes des nombres premiers ; $\chi (\neq 1)$, des caractères du groupe des nombres $N(m) \pmod q$ $\{[N(m), 1] = 1\}$; φ, l'ordre de ce groupe. Alors on déduit de (3), par un procédé bien connu,

$$(4) \quad \Sigma\chi(m) N^{-s}(m) = (s-1)^k e^{P_\chi(s-1)} = \prod \frac{1}{1 - \chi(\pi) N^{-s}(\pi)} \qquad (k \geqq 0, s > 1),$$

[1] Séance du 22 novembre 1926.

où k est un nombre entier, et par conséquent

$$(5) \qquad \Sigma V_p \chi(p) p^{-s} = -k \log \frac{1}{s-1} + P_\chi(s-1) \qquad [s > 1, p = N(\pi)].$$

Par l'addition des égalités (5) et (2), on arrive à

$$(1-k) \log \frac{1}{s-1} = \frac{\varphi}{\varphi(q)} \log \frac{1}{s-1} + \ldots, \qquad \text{d'où} \qquad k = 0, \qquad \varphi = \varphi(q),$$

et, comme une conséquence immédiate, l'égalité (1).

Le théorème I peut être regardé aussi comme une généralisation du théorème de Dirichlet sur la progression arithmétique.

Une conséquence simple de I est le théorème sur la distribution régulière des nombres premiers par les classes des substitutions du groupe $\mathcal{G}$ d'une équation algébrique normale ([1]), d'où la généralisation suivante de I :

II. *Soient* p_{jk} $[\equiv j \pmod q]$ *un nombre premier appartenant à une certaine classe* k *des substitutions du groupe* $\mathcal{G}$ *et* n_k *les nombres des substitutions de cette classe ; alors*

$$\lim_{s=1} \left[\sum p_{jk}^{-s} - \frac{n_k}{n\varphi(q)} \log \frac{1}{s-1} \right]$$

est finie.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur l'angle de deux directions conjuguées.* Note ([2]) de M. **Enea Bortolotti**, présentée par M. Émile Borel.

Dans la Note *Courbure normale et torsion géodésique,* publiée dans ces *Comptes rendus* le 20 septembre dernier (page 515 de ce tome), M. A. Myller indique une formule $\left(\tan g\,\theta = -\frac{\varphi}{\Theta} = -\frac{T_g}{R}\right)$ qui donne l'angle θ de deux directions conjuguées d'une V_2 en R_3 (V_3 euclidienne). Je dois observer que cette même formule, à la différence du signe qui n'a rien d'essentiel (pour une V_2 en V_3 quelconque), se trouve déjà [dans la Note ([12]), page 436] dans un Mémoire que j'ai publié en 1925 ([3]).

([1]) Voir Frobenius, *Sitzgsber. Berl. Ak.*, I, 1896, p. 689, et II, p. 985 et 1343, N. Tschebotareff, *Math. Ann.*, 95, 1925, p. 191; O. Schreier, *Hamb. Abh.*, 5, 1926; p. 1.

([2]) Séance du 22 novembre 1926.

([3]) *Su di una generalizzazione della teoria delle curve, e sui sistemi coniugati di una* V_2 *in* V_n (*Rendiconti del R. Istituto Lombardo*, 58, 1925, p. 413-459).

Je prends cette occasion pour indiquer quelques résultats nouveaux, concernant une extension de cette formule aux couples (éventuels) de directions conjuguées d'une V_2 dans une V_n quelconque.

Soient a_{ik}, b_{rs} les tenseurs fondamentaux de V_n et de V_2 ($i, k = 1, 2, \ldots, n$; $r, s, t, \ldots = 1, 2$); soit $\Omega_{rs}^{\cdot\cdot i}$ le *tenseur de courbure* (¹) de V_2 en V_n. Rappelons d'abord que si λ, ξ sont des vecteurs unitaires, tangents à V_2 en P, $v^i_{(\lambda)} = \Omega_{rs}^{\cdot\cdot i}\lambda^r\lambda^s$ est le *vecteur de courbure normale* relatif à la direction (λ) (en P), $v^i_{(\lambda\xi)} = \Omega_{rs}^{\cdot\cdot i}\lambda^r\xi^s$ est le vecteur de courbure normale relatif au couple de directions (λ), (ξ); $m^i = \frac{1}{2}\Omega_{rs}^{\cdot\cdot i}b^{rs}$ est le *vecteur de courbure moyenne* de V_2 en V_n en P (²). Le lieu des points $P + \mathbf{v}(\lambda)$ (où λ varie) est la conique γ des courbures (³) dont $P + \mathbf{m}$ est le centre.

On voit aisément que le lieu des points $P + \mathbf{v}_{(\lambda\bar{\lambda})}$, pour tous les couples λ, $\bar{\lambda}$ orthogonaux, est une conique $\bar{\gamma}$, qui s'obtient de γ par la translation $-\mathbf{m}$ (P est donc le centre de cette deuxième conique).

Soit ζ un vecteur unitaire normal à V_2 en P. La condition

$$a_{ik}\Omega_{rs}^{\cdot\cdot i}\lambda^r\xi^s\zeta_k = 0 \tag{1}$$

détermine, sur l'orientation plane tangente à V_2 en P, une involution de directions sortant de P; j'ai proposé [*loc. cit.*, p. 446] de nommer *directions conjuguées par rapport à la normale* (ζ) deux directions (λ), (ξ) qui forment un couple de cette involution. Deux directions (λ), (ξ), conjuguées dans le sens ordinaire du mot, sont conjuguées par rapport à toute normale (ζ), et inversement.

Cela posé : si (λ), (ξ) sont conjuguées par rapport à (ζ), et si l'on a $\theta = \widehat{\lambda\xi}$, on trouve

$$\operatorname{tang}\theta = \frac{a_{ik}\Omega_{rs}^{\cdot\cdot i}\zeta^k\lambda^r\lambda^s}{a_{ik}\Omega_{rs}^{\cdot\cdot i}\zeta^k\bar{\lambda}^r\lambda^s}, \tag{2}$$

où ($\bar{\lambda}$) est la normale à (λ), tangente à V_2 en P. Or, on voit bien que les deux termes de cette fraction sont les projections des vecteurs $\mathbf{v}_{(\lambda)}$, $\mathbf{v}_{(\lambda\bar{\lambda})}$ sur la normale (ζ) : la condition pour que θ ne dépende pas du choix de cette

(¹) V. Bompiani, *Studi sugli spazi curvi : la seconda forma fondamentale di una V_m in V_n* (*Atti R. Ist. Veneto*, 80, 1920-1921, 2ᵉ Partie, p. 1117. — Schouten, *Der Ricci-Kalkül*, Berlin, Springer, 1924, p. 183.

(²) Bompiani, *loc. cit.*, p. 1133. — Schouten, *loc. cit.*, p. 188.

(³) Lévi, *Saggio sulla teoria delle superficie a due dimensioni immerse, in un iperspazio* (*Annali della R. Scuola Norm. Sup. di Pisa*, 10, 1900, p. 64).

normale est donc que $\mathbf{v}_{(\lambda)}$, $\mathbf{v}_{(\lambda\bar{\lambda})}$ soient parallèles. Et par conséquent [*loc. cit.*, p. 442] : 1° que V_2 soit à points *planaires* ou *axiaux* [1]; 2° que (λ), (ξ) forment un couple de directions conjuguées, dans le sens ordinaire, de V_2 en V_n. Alors l'équation (2) peut s'écrire comme suit :

$$(3) \qquad \operatorname{tang}\theta = \frac{\operatorname{mod}(\Omega_{rs}^{..i}\lambda^r\lambda^s)}{\operatorname{mod}(\Omega_{rs}^{..i}\lambda^r\lambda^s)} = \frac{\operatorname{mod}(\Omega_{rs}^{..i}\lambda^r\lambda^s)}{\operatorname{mod}(\Omega_{rs}^{..i}\lambda^r\varepsilon^{st}b_{tu}\lambda^u)} \quad [2]$$

et s'interpréter de la manière suivante :

$\operatorname{tang}\theta$ *est le rapport entre la longueur d'une (quelconque) des deux tangentes tirées de p à la conique* γ *des courbures, et celle du demi-diamètre de* γ, *parallèle à cette tangente*.

On peut aussi transformer l'équation (3) dans cette autre formule

$$(4) \qquad \operatorname{tang}\theta = \frac{1}{\cos\varphi}\left(\frac{1}{\rho_n} : \frac{1}{T_n}\right),$$

où $\frac{1}{\rho_n}$, $-\frac{1}{T_n}$ sont la première et la deuxième courbure (en V_n) de la géodésique Γ de V_2, sortant de P avec la direction (λ) : c'est-à-dire, $\frac{1}{\rho_n}$ et $\frac{1}{T_n}$ sont la *courbure normale* et la *torsion géodésique* des lignes de V_2 en la direction (λ); et φ est l'angle que la deuxième normale principale de Γ forme avec l'orientation plane tangente à V_2 en P.

On voit aisément que pour $n = 3$, les formules (3) et (4) se réduisent à celles que j'ai établies dans mon Mémoire de 1925, et que M. Myller a récemment retrouvées [3].

---

[1] LÉVI, *loc. cit.*, p. 61.

[2] $\varepsilon^{st} = \pm \frac{1}{\sqrt{b}}$ si st est une permutation $\left\{\begin{matrix}\text{directe}\\ \text{inverse}\end{matrix}\right\}$ de 1,2; $\varepsilon^{st} = 0$ si $s = t$.

[3] Une autre formule pour l'angle θ de deux directions conjuguées (λ), (ξ) d'une V_2 en V_n s'obtient de la formule (52), *loc. cit.*, p. 447

$$\operatorname{sen}^2\theta = \frac{\mathbf{v}_{(\lambda)} \times \mathbf{v}_{(\xi)}}{K_r},$$

où K_r est la courbure relative de V_2 en V_n (au point P).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Plateau.* Note (1) de M. René Garnier.

Je me propose de résumer la méthode par laquelle j'ai résolu le problème de Plateau pour un contour gauche fermé $\mathfrak{C}$, possédant entre deux quelconques de ses points une courbure moyenne bornée. La méthode se subdivise en deux étapes bien distinctes : résolution d'un problème de Plateau $\mathfrak{P}_n$ pour un polygone gauche P_n à $n+3$ côtés inscrit dans $\mathfrak{C}$; passage à la limite de P_n à $\mathfrak{C}$. La première étape repose essentiellement sur la méthode que j'ai employée récemment pour résoudre le problème de Riemann (2); la seconde utilise la méthode adoptée par M. Birkhoff pour résoudre le même problème.

Pratiquement, $\mathfrak{P}_n$ serait résolu si l'on savait former l'équation linéaire du second ordre E admettant pour solutions les fonctions $G(z)$ et $H(z)$ qui définissent la surface minima cherchée, dans la représentation classique de Weierstrass développée par M. Darboux (3). Or, précisons le problème par les conditions suivantes : E ne possède aucun point singulier en dehors de l'image $x'Ox$ de P_n, ni aucun point irrégulier; tous les sommets de P_n sont à distance finie; aucune ligne double n'en part. Je montre alors que E possède, en dehors de ses $n+3$ singularités réelles, $t_1, \ldots, t_{n+3}$, $n-1$ points apparemment singuliers au plus. E *coïncide donc avec l'équation* E_n *de notre Mémoire* [R] *dans laquelle l'un des* λ_k *s'est confondu avec l'un des* t_k (ce qui donne $z_k = 0$). D'ailleurs, le *groupe de monodromie* $\mathcal{G}$ *de* E *est connu* dès que l'on connaît les *directions* des côtés de P_n : on peut donc former le système (g_n, G_n) de [R] et choisir une intégrale z_k de (g_n, G_n) de telle sorte que le groupe de E coïncide avec $\mathcal{G}$ quels que soient les t_j : au point de vue actuel, *résoudre le problème de Plateau* $\mathfrak{P}_n$ *revient à déterminer les* t_j *(réels) de manière que les côtés de* P_n *aient des longueurs données.* On conçoit que, dans un tel problème, la nature analytique des coefficients de E envisagés comme fonc-

(1) Séance du 22 novembre 1926.

(2) *Ann. Éc. Norm.*, **43**, 3e série, 1926, p. 177-307. Ce Mémoire est désigné ici par [R]. Voir aussi *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1674; **179**, 1924, p. 1026; **181**, 1925, p. 1046.

(3) *Théorie des Surfaces*, **1**, 2e éd., Paris, 1914, Livre III, Chap. XIII.

tions des t_j doit jouer un rôle primordial : or c'est précisément cette dépendance que j'ai étudiée dans ma Thèse et dans [R] (2ᵉ, 3ᵉ et 4ᵉ parties).

Ces considérations générales présentées, abordons la résolution des équations $\mathcal{E}$ aux t_j; elles s'écrivent $z_k = 0$ et

$$(\mathcal{E}') \qquad \text{long. } A_j A_{j+1} : \text{long. } A_{n+1} A_{n+2} = c_j \qquad (j = 2, \ldots, n);$$

elles sont au nombre de n, comme les t_j (on peut prendre $t_{n+1} = 0$, $t_{n+2} = 1$, $t_{n+3} = -1$). Or, attribuons à $c_2, \ldots, c_{n-1}$ des valeurs fixes et donnons à c_n une valeur infiniment petite; j'ai étudié dans [R] les z_j pour $t_{n+1} - t_n$ infiniment petit; j'ai montré notamment que les $z_j (j \neq n, n+1)$ ont pour limites des intégrales de (g_{n-1}, G_{n-1}). On connaît donc la nature analytique des coefficients des $\mathcal{E}$ pour $t_{n+1} - t_n$ infiniment petit et *l'on saura résoudre* $\mathfrak{P}_n$ *pour* c_n *infiniment petit si l'on sait résoudre* $\mathfrak{P}_{n-1}$, ce que nous admettons. D'ailleurs, en s'appuyant sur [R], il est facile de résoudre le problème de Plateau pour le *quadrilatère* $n = 1$; cela revient à montrer que toute intégrale réelle de l'équation (VI) de M. Painlevé prend au moins une fois l'une des valeurs 0, 1, t, ∞ pour une valeur t comprise entre 0 et 1. En définitive, tout reviendra donc *à prolonger la solution précédente* quand on fait croître c_n de 0 à la valeur donnée c_n^1. Or, si l'on prend $t_{n+3} = -1 < t_1 < \ldots < t_n < t_{n+1} = 0 < t_{n+2} = 1$, le point $(t_1, \ldots, t_n)$ se déplacera quand c_n variera dans une « pyramide » Π d'un espace réel S_n; soit Π' le domaine intérieur à Π et où l'on a $|t_i - t_j| \geqq \varepsilon > 0$; en étendant les résultats de [R], j'ai montré que les premiers membres des équations $(\mathcal{E}')$ sont holomorphes dans Π'; dès lors, il résulte du théorème de Borel-Lebesgue que *le prolongement de la solution précédemment obtenue ne possède aucune singularité non algébrique pourvu que* $(t_1, \ldots, t_n)$ *reste dans* Π'; dans le cas contraire, nous dirons qu'il y a *pseudo-choc* des t_i.

Nous montrerons prochainement comment on peut exclure l'hypothèse d'un pseudo-choc, qui constitue la difficulté principale du problème de Plateau; indiquons aujourd'hui comment on écarte l'hypothèse d'une *singularité algébrique :* ce point est essentiel, car si le déterminant fonctionnel ω des $\mathcal{E}$ s'annulait dans Π' pour $c_n = c'$, on ne serait plus assuré de la réalité des t_j pour $c_n > c'$. Or, s'il en était ainsi, il existerait pour $c' - c_n$ infiniment petit (> 0) deux surfaces minima infiniment voisines passant par le polygone P_n correspondant à c_n. D'après la condition de Jacobi-Schwarz, l'équation

$$(u^2 + v^2 + 1)^2 \Delta_2 w + 8w = 0$$

devrait posséder une solution non identiquement nulle, s'annulant sur la représentation sphérique ϖ de P_n, ce qui est absurde, car c_n variant ϖ *est fixe*, et pour c_n infiniment petit on a $\omega \neq 0$. Ainsi, dans la série des surfaces minima, Σ passant par P_n *il ne peut y avoir bifurcation que pour un côté infiniment petit* $A_n A_{n+1}$; Σ possède alors un point méplat infiniment voisin de A_n ou de A_{n+1}. Les deux séries peuvent d'ailleurs être reliées par une suite continue de déformations où le polygone a perdu un sommet à distance finie pour en acquérir un à l'infini.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de polynomes.* Note de M. V. **Smirnoff**, présentée par M. Hadamard.

Dans son Mémoire *Sur les séries de polynomes* (*Bull. de l'Acad. des Sciences*, Petrograd, 1915) Liapounoff a résolu le problème suivant : $P_0, P_1, P_2, \ldots$ étant des polynomes en variables $x_1, x_2, \ldots, x_k$, α un paramètre et le degré de P_n ne dépassant pas n, trouver le domaine de convergence par rapport à $x_s (s = 1, 2, \ldots, k)$ de la série

$$P_0 + P_1\alpha + P_2\alpha^2 + \ldots, \tag{1}$$

si $|P_n| < L$ (L est une constante) quel que soit n et quelles que soient les valeurs réelles des x_s appartenant à l'intervalle $(-1, +1)$, et si $|\alpha| < 1$. Liapounoff applique la résolution de ce problème à l'investigation d'une série qui se rencontre dans ses recherches sur les figures d'équilibres d'un liquide en rotation. Le résultat de Liapounoff peut être perfectionné et le problème peut être généralisé. Dans cette Note nous donnons la résolution du problème pour le cas où l'inégalité $|P_n| < L$ a lieu quand chaque x_s est situé sur un ensemble fermé $E_s (s = 1, 2, \ldots, k)$. Les ensembles E'_s complémentaires à E_s doivent constituer des domaines simplement connexes.

Je démontre le théorème suivant :

Soit

$$x_s = \tau^{(s)} z_s + \sum_{j=0}^{\infty} \alpha_j^{(s)} z_s^{-j} \qquad (s = 1, 2, \ldots, k) \tag{2}$$

la fonction qui fournit la représentation conforme du domaine E'_s *sur le domaine* $|z_s| > 1$ *et soit* $C_\rho^{(s)}$ *la courbe sur le plan* x, *qui est l'image de la circonférence* $|z_s| = \rho$ ($\rho > 1$ *et* $s = 1, 2, \ldots, k$). *La série* (1) *converge abso-*

lument et uniformément, si chaque x_s est à l'intérieur de la courbe $C^{(s)}_{\frac{1}{|\alpha|}}$, et l'on ne peut pas améliorer ce résultat.

Pour le cas $k=1$, c'est-à-dire pour les polynomes $P_n(x_1)$, la considération du quotient

$$P_n\left(\tau^{(1)}z_1+\sum_{j=0}^{\infty}{}' \alpha_j^{(s)} z_1^{-j}\right) : z_1^n$$

conclut immédiatement à la démonstration de convergence.

Soient $T_n^{(1)}(x_1)$ le polynome de Tchebycheff pour E_1 et $m_n^{(1)}$ le maximum du module de $T_n^{(1)}$ sur E_1. La série

$$\sum_{n=0}^{\infty}\frac{T_n^{(1)}(x_1)}{m_n^{(1)}}\alpha^n$$

sera divergente, si x_1 est à l'extérieur de la courbe $C^{(1)}_{\frac{1}{|\alpha|}}$ et si le contour de E_1 est une courbe analytique. Ce fait résulte de l'expression asymptotique de $T_n^{(1)}(x_1)$ (voir FABER, *Journal de Crelle*, 150). Dans les autres cas, on doit prendre pour former $T_n^{(1)}(x_1)$ au lieu de E_1 le domaine à l'intérieur de la courbe $C_\eta^{(1)}$ où η est près à l'unité.

Supposons maintenant que $k>1$ et que le contour de chaque E_s soit une courbe analytique (on peut se débarrasser de cette dernière restriction). Substituons pour chaque x_s dans P_n son expression (2). Nous aurons une série par rapport à z_s et les carrés de modules des coefficients de cette série ont pour somme une quantité moindre que L^2. En profitant de l'inégalité

$$|a_1b_1+a_2b_2+\ldots|^2 \leqq [|a_1|^2+|a_2|^2+\ldots][|b_1|^2+|b_2|^2+\ldots]$$

on peut obtenir l'inégalité pour $|P_n|$ sur les courbes $C_\rho^{(s)}$ et démontrer la convergence de la série (1), si chaque x_s est à l'intérieur de la courbe $C^{(s)}_{\frac{1}{|\alpha|}}$.

Notre résultat permet de démontrer le théorème suivant :

Si $|P_n|<L$ *quelles que soient les valeurs réelles des variables x_s satisfaisant à l'inégalité* $x_1^2+x_2^2+\ldots+x_k^2\leqq 1$ *la série* (1) *sera convergente pour les valeurs x_s situées à l'intérieur des ellipses*

$$\frac{4x^2}{\theta_s^2\left(\frac{1}{|\alpha|}+|\alpha|\right)^2}+\frac{4y^2}{\theta_s^2\left(\frac{1}{|\alpha|}-\alpha\right)^2}=1 \qquad (\theta_1^2+\theta_2^2+\ldots+\theta_s^2=1).$$

L'exposition complète de la résolution du problème paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extremum de certaines intégrales doubles.* Note de M. **André Roussel**, présentée par M. Goursat.

Je me propose de montrer comment on peut former un système de conditions suffisantes pour que l'intégrale

$$I = \iint F(x, y, z, p, q, r, s, t)\, dx\, dy$$

relative à une portion d'extrémale S_0 limitée par un contour C_0 soit inférieure aux valeurs qu'elle prend sur toute autre surface S limitée par C_0 et tangente à S_0 le long de ce contour. Pour cela considérons dans l'espace à 6 dimensions une *figurative* Γ représentée par l'équation

$$u = F(\overline{x}, \overline{y}, \overline{z}, p, q, r, s, t),$$

p, q, r, s, t jouant le rôle de variables. *Supposons que* Γ *tourne sa concavité vers les u positifs.* Soient alors $\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2, \psi_3$ des fonctions continues de (x, y, z) qui se réduisent respectivement à p_0, q_0, r_0, s_0, t_0, sur la surface S_0. Soit Π la multiplicité linéaire d'ordre maximum tangente à Γ en $(\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2, \psi_3)$. Désignons par I'_S l'intégrale obtenue en prenant Π comme figurative. Nous avons d'ailleurs $I'_{S_0} = I_{S_0}$ et $I_S \geqq I'_S$. On voit alors facilement que l'on peut mettre chaque terme en r, s, t, qui figure sous le signe intégral dans I' sous la forme de la somme d'une intégrale simple et d'une intégrale double, cette dernière ne portant sur aucune dérivée partielle d'ordre supérieur à un; nous la désignerons par I''_S. Il résulte de plus de nos hypothèses que l'on a

$$I'_S - I'_{S_0} = I''_S - I''_{S_0}.$$

Désignons par $f(x, y, z, p, q)$ la quantité sous le signe intégral, qui est un polynome du second degré en p et q, et une nouvelle figurative Γ' ayant pour équation

$$u = f(\overline{x}, \overline{y}, \overline{z}, p, q),$$

les variables étant p et q. *Supposons qu'elle tourne sa concavité vers les u positifs.* Remplaçons Γ' par son plan tangent en (φ_1, φ_2). La nouvelle intégrale obtenue en prenant ce plan comme figurative est une intégrale de surface que l'on peut transformer en intégrale triple. Si l'on a $K = 0$, en désignant par K le coefficient de $dx\,dy\,dz$, il vient alors

$$I_S \geqq I_{S_0}.$$

Il est facile de démontrer que le premier membre de l'équation précédente se réduit sur S_0 au premier membre de l'équation d'Euler relative à I_S; si l'on considère alors un faisceau de surfaces extrémales dont la génératrice coïncide initialement avec S_0, on aura, en prenant pour valeurs de $\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2, \psi_3$ celles des dérivées p, q, r, s, t prises en $(x, y, z,)$ sur l'extrémale qui y passe, que la condidion $K = 0$ est satisfaite identiquement. Il est d'ailleurs à peu près évident que cette équation se réduit sur S_0 à l'équation d'Euler, sinon on peut toujours se proposer de trouver par un procédé analogue un système de $(\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2, \psi_3)$ annulant K, et S_0 fournirait alors le minimum sans satisfaire à l'équation d'Euler, ce qui est impossible.

Il est possible de trouver un autre système de conditions suffisantes plus restrictif que le précédent mais qui ne fait pas intervenir de faisceau spécial d'extrémales : il suffit pour cela de faire rentrer z parmi les variables de l'équation de la figurative et de raisonner comme plus haut, en considérant la multiplicité linéaire à 6 dimensions qui lui est tangente en $(z_0, p_0, q_0, r_0, s_0, t_0)$. Le raisonnement peut alors s'étendre à des cas plus étendus.

Bien que les conditions suffisantes ainsi obtenues soient fort restrictives, elles n'en présentent pas moins un certain intérêt, surtout pour les problèmes où certaines dérivées viendraient à manquer.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la théorie de la croissance.* Note [1] de M. **Podtiaguine**, présentée par M. Émile Borel.

Les théorèmes qui suivent complètent ceux que j'ai énoncés dans une Note précédente :

Théorème IV. — *Toute fonction régulière $y(x)$ dont l'ordre de grandeur est égal à ωk vérifie, à partir d'une certaine valeur de x, l'inégalité*

$$y[x + y_1(x)] < [y(x)]^{1+\varepsilon},$$

quelque petit que soit le nombre positif ε, $y_1 x_1$ étant une fonction positive vérifiant la condition

$$\lim_{x=\infty} \frac{y_1(x)}{x} = 0.$$

Théorème V. — *Toute fonction régulière $y(x)$ dont l'ordre de grandeur est*

(1) Séance du 18 novembre 1926.

égal à $k\omega^{-1}$ *vérifie l'égalité*

$$\lim_{x=\infty} \frac{y(x+ax)}{y(x)} = 1,$$

a étant un nombre positif quelconque.

Théorème VI. — *Toute fonction régulière* $y(x)$ *dont l'ordre de grandeur est égal à* $k\omega^{-n}$ *vérifie l'égalité*

$$\lim_{x=\infty} \frac{y(x+ax\log x \log_2 x \ldots \log_{r-1} x)}{y(x)} = 1,$$

a étant un nombre positif quelconque.

Remarque. — M. Th. Varopoulos [1] a démontré le théorème suivant sur les fonctions croissantes $\mu(r)$:

Étant donné un nombre θ *positif et supérieur à l'unité quelconque s'il existe des valeurs de r ne satisfaisant pas à l'inégalité*

$$\mu\left[r + \frac{1}{\log\mu(z)\log_2\mu(r)\ldots\log_\nu\mu(r)^a}\right] < \theta\mu(r),$$

$a > 1$ *quelconque, et* ν *un nombre entier aussi grand que l'on veut mais fixe, ces valeurs exceptionnelles remplissent des intervalles d'étendue totale finie.*

Ce théorème n'est pas autre chose que le théorème classique de M. E. Borel perfectionné [2].

M. Blumenthal a montré sur un exemple [3] qu'il peut exister réellement de tels intervalles exceptionnels. En d'autres termes les fonctions croissantes peuvent bien présenter des vitesses de croissance exceptionnelles.

Or le corollaire du théorème II nous montre que les fonctions régulières, comme nous les avons définies, n'ont pas d'intervalles exceptionnels, et l'inégalité de M. Varopoulos se vérifie partout, à partir d'une certaine valeur de r. La croissance de nos fonctions régulières, à ce point de vue, est donc bien régulière.

---

(1) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1923; *Thèses*, Paris, 1923, p. 6-11.

(2) *Acta mathematica*, **20**, 1897, p. 375, 377.

(3) *Principes de la théorie des fonctions entières d'ordre infini*. Paris, 1910, p. 39-40.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Ondes sonores et nappes de silence dans l'atmosphère.* Note de M. **H. Galbrun**, présentée par M. Paul Painlevé.

Dans une Note précédente, nous avons indiqué comment la forme des rayons sonores émis par une source réduite à un point O dans une atmosphère dont l'état ne dépend que de l'altitude et où le vent est horizontal, dépend de la disposition des points d'intersections de certaines courbes D et de certaines droites T_{θ_s}. La même méthode permet d'étudier la portion de la surface focale de la congruence constituée par ces rayons, qui est située au-dessus du plan horizontal de la source. Pour simplifier les calculs, on peut en première approximation confondre tout rayon d'azimut ψ_0 avec sa projection sur le plan vertical de même azimut passant par O; mais il est également possible de poursuivre la discussion de l'existence et de la forme des nappes de la surface focale sans avoir recours à cette approximation; il suffit de préciser les formes possibles de certaines courbes en remarquant que la distance de tout point d'un rayon d'azimut ψ_0 au plan vertical du même azimut passant par O, reste toujours faible par rapport à sa distance à ce point O.

On démontre qu'au-dessus du plan horizontal de la source sonore il ne peut exister de points de la surface focale que sur les branches descendantes des rayons; chacune de ces branches touche cette surface en un point au plus; la surface même se compose de nappes s'élevant au-dessus du plan horizontal de la source sonore en s'inclinant vers la verticale de cette source; ces nappes se raccordent suivant des courbes formant arête de rebroussement; certaines d'entre elles peuvent s'étendre à l'infini.

L'intersection de la surface focale et du plan horizontal de la source divise ce dernier en régions; les unes, extérieures à cette courbe d'intersection, comprennent la partie de ce plan par les points de laquelle ne passe qu'un seul rayon issu de la source; les autres, intérieures à cette courbe d'intersection, comprennent les points par lesquels passent plusieurs rayons issus de la source; les premières sont rencontrées par une seule nappe de la surface d'onde; les autres sont rencontrées par plusieurs nappes de cette même surface, lesquelles se raccordent suivant des lignes formant arêtes de rebroussement et situées sur la surface focale.

Ces résultats montrent que l'existence de nappes de la surface focale des

rayons au-dessus du plan horizontal de la source sonore n'entraîne pas celle de zones de silence dans ce plan.

Si l'on définit zone de silence toute région de ce plan qui ne reçoit aucun rayon directement émis par la source, on constate qu'une telle zone ne dépend que de la déchirure produite dans la surface d'onde par le sol horizontal sur lequel repose la source, lequel forme obstacle à la propagation directe des rayons; la détermination des courbes limitant de telles régions résulte ainsi de la construction des rayons au moyen des courbes D et des droites T_{0_0}.

Mais d'autre part, dans les régions s'étendant au voisinage de la courbe d'intersection de la surface focale, du côté de cette courbe où passent plusieurs nappes de la surface d'onde, le son émis par la source apparaîtra comme renforcé; il pourra être entendu dans une telle région alors qu'il ne sera point perçu dans la région immédiatement voisine, de l'autre côté de cette même courbe, où ne passe qu'une seule nappe de la surface d'onde.

C'est ainsi que l'on peut expliquer certains phénomènes d'audition lointaine. Pour compléter l'étude de ceux-ci, il y aurait lieu de rechercher comment le long d'un rayon varie la grandeur d'une discontinuité du second ordre.

ASTRONOMIE. — *Sur le mouvement d'ensemble des étoiles à hélium.* Note [1] de M. **Paul Stroobant.**

J'ai montré en 1910 [2] que les étoiles du type d'Orion (classe spectrale B de Harvard) qui sont caractérisées par la présence de l'hélium et qui se trouvent dans la région de l'apex donnent pour la vitesse du Soleil une valeur beaucoup plus petite que celles qui sont situées dans la région opposée. Ce fait a été confirmé peu de temps après par Frost et Kapteyn [3]. L'année suivante W.-W. Campbell [4] a constaté que les composantes radiales des étoiles à hélium, rapportées à la position occupée à un certain

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.
(2) *Bull. Cl. Sciences Acad. de Belgique*, 1, janvier 1910, p. 39.
(3) *Astrophysical Journal*, 32, juillet 1910, p. 83.
(4) *Lick Observatory Bulletin*, 6, 1911, p. 101.

instant par le Soleil, donnent une moyenne algébrique (terme K) qui vaut $+ 4,1$ km.sec. selon Campbell et $+ 5,6$ d'après Frost (¹). C'est comme si l'ensemble des étoiles de la classe B avait un mouvement d'expansion de vitesse moyenne K, par rapport à la position du Soleil pris comme centre. Des recherches sur divers groupes d'étoiles de cette classe ont été effectuées par Kapteyn, Eddington, B. Boss, H.-C. Plummer, Ö. Bergstrand, etc.

Je me suis proposé d'étudier le mouvement d'ensemble des étoiles à hélium les moins avancées, c'est-à-dire que j'ai exclu celles des types B8 et B9 qui se rapprochent plus de la classe spectrale A que de la classe B. Ces dernières ont en général une faible latitude galactique (g) et j'ai partagé le ciel en trois parties : la zone galactique (g de $+ 30°$ à $- 30°$) et les deux calottes polaires (g de $\pm 30°$ à $\pm 90°$).

Les valeurs de la vitesse radiale V ont été déduites des mesures effectuées aux observatoires Lick (et sa succursale du Chili), Yerkes, Mont Wilson, Detroit, Ottawa, Victoria et Vienne. Les valeurs de la vitesse radiale ont été ramenées à celles du catalogue de Yerkes quand la correction systématique à appliquer était connue ou pouvait être évaluée. Lorsque la vitesse radiale est variable, on a utilisé les mesures effectuées dans divers observatoires.

J'ai réuni les vitesses radiales de 385 étoiles distinctes dont 340 dans la zone galactique et 45 dans les calottes polaires. Dans le premier groupe 10 étoiles ont été supprimées : 3 dont les vitesses étaient exceptionnelles (> 50 km.sec.) et 7 à vitesses radiales très fortes ($- 47$ km.sec. en moyenne) appartenant au petit groupe signalé dans Persée, en 1913, par Adams et Van Maanen.

L'origine des longitudes galactiques (G) est le nœud ascendant de l'équateur galactique sur l'équateur céleste, dans l'Aigle. La zone galactique a été divisée en 12 parties de 30° chacune, G allant de 0° à 30°, de 30° à 60°, etc. Pour corriger du mouvement solaire les vitesses radiales, j'ai adopté les éléments de ce mouvement déterminés par W. W. Campbell et J. H. Moore (²), qui par les vitesses radiales de 2034 étoiles des divers types ont obtenu pour coordonnées de l'apex $\alpha = 268°,9$, $\delta = + 27°,2$, et pour vitesse $V_0 = - 19$ km.sec. La vitesse radiale réduite V' aura pour valeur, en nom-

(¹) *Astrophysical Journal*, 64, 1926, p. 1.
(²) *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 38, 1926, p. 75.

mant d la distance angulaire de l'étoile à l'apex,

$$V' = V - V_0 \cos d.$$

Le tableau ci-dessous donne pour le centre de chacune des 12 parties de la zone galactique la moyenne des valeurs dont le nombre est indiqué entre parenthèses et la valeur de $V' - y$.

G.	V'.	V' − y	G.	V'.	V' − y.
°	km	km	°	km	km
75	−2,7 (37)	−0,2	255	+7,4 (22)	+0,1
105	−2,1 (33)	+0,2	285	+6,8 (24)	−0,3
135	+3,3 (26)	+4,1	315	+3,9 (29)	−1,7
165	+6,8 (52)	+5,3	345	+3,7 (13)	+0,4
195	+6,9 (33)	+2,8	15	+5,5 (17)	+4,8
225	+5,9 (15)	−0,3	45	+5,3 (37)	+4,7

Les valeurs de V′ croissent assez régulièrement de 75 à 255° pour décroître ensuite de 255 à 75°. Une construction graphique montre que les valeurs de V′ peuvent être représentées approximativement par l'expression

$$y = 2,4 + 5,0 \sin(G + 185°).$$

Il y a donc un mouvement d'ensemble des étoiles à hélium vers la direction $G = 265°$, avec une vitesse de 5^{km} par seconde. La composante de la vitesse radiale des étoiles de la calotte boréale vers le pôle galactique nord est assez forte, cela provient des grandes valeurs données par deux étoiles : ρ Leonis et ζ^1 Libræ; on trouve que la direction du mouvement de l'ensemble des étoiles de la classe B est inclinée sur le plan galactique de 3°. Ainsi, les coordonnées de l'apex de ces étoiles sont $G = 265°$, $g = -3°(\alpha = 12^h 2^m, \delta = -64°)$.

Le tableau montre que les écarts $V' - y$ présentent des valeurs positives de $G = 0°$ à 60°, c'est-à-dire entre l'Aigle et le Cygne d'une part et de 120° à 210° entre Persée et la Licorne d'autre part. Au mouvement général de translation viendraient donc se superposer des mouvements particuliers à deux parties de la zone galactique et ces mouvements entrent pour une part dans l'existence du terme K en même temps qu'ils peuvent expliquer les différences constatées pour le mouvement du Soleil suivant que l'on considère la région de l'apex ou celle de l'antapex.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure de la chromosphère solaire.* Note de M. **L. d'Azambuja**, présentée par M. H. Deslandres.

Parmi les raies fortes du spectre solaire, les raies H et K, dues à l'atome de Ca^+, sont de beaucoup les plus importantes. Elles sont formées d'une partie centrale étroite et relativement très sombre (H_3, K_3), bordée de chaque côté par des renforcements brillants (H_2, K_2), au delà desquels s'étendent de larges parties dégradées ou *ailes* (H_1, K_1) dont l'intensité se confond peu à peu avec celle du spectre continu voisin. Ces diverses composantes sont produites respectivement, à partir de H_1, K_1, dans les couches basse, moyenne et supérieure de la chromosphère. On admet généralement que les images solaires, données par un spectrohéliographe dont la fente sélectrice isole successivement les diverses composantes, reproduisent les aspects de la vapeur de calcium dans les couches correspondantes.

Les caractères principaux de ces images sont bien connus. On sait, en particulier, que dans la couche H_1, K_1 les taches sont entourées de *plages faculaires*, situées à l'emplacement des *facules* de la surface ou photosphère et visibles, à peu près avec le même éclat, au centre du disque et vers les bords. Rappelons que les facules, considérées habituellement comme des régions élevées de la surface, n'apparaissent nettement, dans une image directe du Soleil, que près des bords de l'astre où l'enveloppe de vapeurs qui entoure celui-ci est traversée sous une plus grande épaisseur et absorbe déjà fortement la lumière des parties basses.

Les autres raies fortes du spectre solaire, appartenant à la couche basse de la chromosphère ou *couche renversante*, offrent aussi, mais à une échelle extrêmement réduite, l'aspect si caractéristique des raies H et K. Leurs renversements brillants sont, en général, à peine indiqués.

Dans deux Notes déjà anciennes ([1]), nous avions signalé, Deslandres et moi, qu'en isolant, à l'aide d'un appareil très dispersif, les parties centrales des raies du fer λ 4046 et 4384, on obtenait des images sur lesquelles les plages faculaires disparaissaient presque complètement et où ne subsistait guère qu'une fine granulation, distincte de la granulation de la surface et du réseau de flocculi du calcium. Les ailes des mêmes raies donnaient des images à peu près identiques à celles de H_1, K_1.

([1]) *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 229, et **149**, 1909, p. 521.

La recherche n'a pu alors être poursuivie. Je l'ai reprise au cours de l'été dernier et j'ai pu isoler les différentes parties de trois nouvelles raies : Ca 4227, Mg 3838, Mg 5184 (b_1). L'appareil employé était, comme autrefois, le grand spectrohéliographe de Meudon, à trois fentes et à combinaisons multiples donnant, dans les régions étudiées, une dispersion de 0,7 Å par millimètre, environ. Des précautions spéciales étaient prises pour que l'isolement des diverses parties des raies fût assuré avec le maximum de précision.

Les images fournies par les parties correspondantes des trois raies ont sensiblement le même aspect. Cependant, la couche de magnésium qui produit la raie 3838 doit être, d'après les mesures de Mitchell sur le spectre éclair, à un niveau plus élevé que la couche produisant b_1. Cette différence de niveau paraît être sans influence appréciable sur la structure des couches.

Comme pour les raies du fer 4046 et 4384, les images des ailes, seules, montrent nettement les plages faculaires. Toutefois, ce n'est pas au centre même des raies que ces plages disparaissent le plus complètement, mais un peu sur les côtés, là où se trouvent les très faibles renforcements brillants. Je me borne à signaler ici cette particularité nouvelle.

Le fait principal, mis en évidence par l'ensemble des épreuves obtenues dans les deux études, est le suivant : les plages faculaires sont à peine visibles dans les régions centrales des raies où l'émission de la vapeur est forte; leur intensité est relativement grande, au contraire, dans les ailes, où l'émission est faible et la quantité de lumière photosphérique résiduelle importante.

Il semble donc que l'éclat des plages brillantes observées sur les images données par les ailes est dû, au moins pour une large part, aux facules mêmes de la surface : pour faire apparaître celles-ci, l'absorption des ailes produirait, dans les régions centrales du disque, un effet analogue à celui de l'absorption générale, près des bords, dans les images directes de l'astre ([1]).

On a souvent admis que les phénomènes électriques qui peuvent provoquer l'illumination des vapeurs chromosphériques étaient plus intenses au-dessus des parties élevées de la photosphère, facules et grains. Les effets,

---

([1]) J. Evershed avait émis en 1904 une hypothèse analogue pour les raies H_1 et K_1. Mais la grande intensité des plages faculaires, sur H_2, K_2 et H_3, K_3, permettait aussi bien de conclure à un effet prépondérant de l'émission de la vapeur dans la couche basse.

dus à ces phénomènes, seraient ainsi très variables suivant les éléments considérés : faibles sur les vapeurs métalliques à l'état neutre, confinées dans les couches basses; un peu plus marqués sur la couche supérieure de l'hydrogène, représentée par le centre de H_α, qui montre les crêtes les plus brillantes des plages faculaires; exceptionnellement intenses enfin, sur le calcium ionisé dont le niveau supérieur est voisin de celui de H_α et qui offre, non seulement des plages faculaires très développées, mais aussi un réseau de flocculi très brillant.

Ces effets variables expliquent simplement les différences profondes que présentent les images des divers éléments. H_3, K_3 reproduisent surtout, en les amplifiant par de grandes différences d'éclat, les facules de la surface. H_α et les vapeurs basses étudiées montrent principalement leur structure propre, due à des causes — différences de pression, de densité, etc. — localisées dans les couches mêmes.

ASTRONOMIE. — *Contribution à l'étude de la planète Mars.* Note (¹) de M. **Jarry-Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

Depuis 20 ans que nous observons la planète Mars nous n'avions constaté, au cours de la même opposition, autant de changements que pendant celle-ci, de 1926. On en voit de tous côtés : tantôt ce sont des *voiles* comme vers le 5 novembre, au début du jour martien, sur *Mare Tyrrhenum*, qui paraissait d'une pâleur anormale; tantôt ce sont des sortes de *coupures* dans les rivages des *Mare*, comme en présentait, à la même date, le rivage Sud de *Mare Cimmerium* à la hauteur d'Electris. On aurait cru que cette dernière plage pénétrait dans le rivage : phénomène d'une certaine durée, car on le revit 24 heures après. *L'Agathodæmon*, vu si difficilement et à de si rares moments depuis 1907, est pour l'instant presque aussi visible que Coprates, détail de tout premier ordre, toujours facilement perceptible. Ajoutons que, depuis le 14 novembre, M. G. Fournier constate à Sétif des changements dans *Pandoræ Fretum* amenés par des sortes de plages continentales qui font disparaître par endroits ce détail sombre. *Argyre* et *Noachis*, dans ses alentours, sont maintenant d'un rose vif.

Ce n'est pas seulement dans l'hémisphère austral que des troubles se constatent. Depuis la longitude d'Elysium jusqu'à celle de Mare Acidalium

(¹) Séance du 22 novembre 1926.

il existait, la plupart du temps, une sorte de voile rougeâtre, à travers lequel les plages sombres présentaient une apparence spectrale. Même par moments les détails de tout premier ordre comme Mare Acidalium ou Cerberus, se voyaient à peine. Ce voile s'étendait parfois jusqu'à Chretes. On put cependant, le 5 novembre, voir les petites plages sombres et arrondies de la région d'Amazonis, en général difficiles à discerner : Nodus Gordii, Phrygius Lacus, Biblis Fons, Ferentinæ Lacus, Cyane Fons, etc. Ajoutons qu'en fait de petits détails on aperçut aussi *Juventæ Fons* et *Baetis*, mais un peu pâles.

Nix Olympica a été observée à plusieurs reprises. Le 3 novembre, elle était encadrée par Sirenius et Elison, nettement perceptibles. Les 5 et 6 on la vit au cours de la matinée martienne, chose rare. Cette Nix n'était pas claire, mais plutôt de tonalité continentale, vaguement rosée. Ses bords étaient merveilleusement arrêtés, ce qui est le fait le plus extraordinaire à signaler dans son apparition, outre qu'elle était toujours plus ou moins entourée de plages assombries, sans quoi il est possible qu'elle eût passé inaperçue.

Comme on peut le voir, la planète Mars présente actuellement des modifications superficielles importantes, et cela simultanément sur les deux hémisphères, comme je l'ai déjà signalé autrefois.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *L'atome dans la théorie de l'action universelle et discontinue*. Note [1] de M. **Robert Lévi**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Dans une précédente Note [2], nous avons indiqué qu'en vertu des équations de l'électromagnétisme relativiste, le mouvement des électrons, dû à leurs interactions, était régi par la formule suivante :

$$\gamma_0 \tau = C\tau \sum \overline{A} \frac{dt}{dt_0}, \tag{1}$$

où $\overline{A}$ représente l'action due à chacun des électrons et protons de l'univers. Nous y avons substitué ensuite la formule

$$\overline{\Gamma}_0 = C\tau \sum \overline{A}, \tag{2}$$

(1) Séance du 15 novembre 1926.
(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 865.

où nous supposions les actions émises périodiquement. Le facteur qui multiplie dans les seconds membres l'action émanant d'un électron déterminé est, dans (1) une fonction continue du temps, dans (2) un nombre entier ayant, en général, cette fonction pour moyenne.

L'écart de ces deux quantités fait, qu'au mouvement continu, satisfaisant à l'électromagnétisme relativiste que définirait (1), se superpose un mouvement saccadé de faible amplitude. Celui-ci n'est sensible que pour les électrons appartenant à un atome et est alors en relation avec le mouvement des électrons gravitants. Nous l'appellerons *modulation atomique*.

2. La substitution de l'équation (2) à l'équation (1) a plus de conséquence encore pour les protons puisque nous avons supposé ceux-ci soumis seulement par intermittences aux actions extérieures.

Cette hypothèse nous permet d'expliquer que plusieurs protons puissent voisiner indéfiniment sans s'influencer, par suite de la discordance de leurs chronons récepteurs. On comprend aussi que l'échelle des poids atomiques soit bornée et que ce soient les corps à forts poids atomiques qui se désintègrent le plus facilement.

3. Déterminons le mouvement des constituants de l'atome d'hydrogène. En première approximation, on peut employer l'équation (1), et, en supposant le proton fixe, on trouve les équations données par Sommerfeld (1). Nous remarquons d'ailleurs une propriété intéressante de l'énergie totale W : on a, d'une manière générale, E étant la charge du noyau, e et m_0 la charge et la masse de l'électron :

$$(3)\quad W = E_{\text{cin.}} + E_{\text{pot.}} = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right) + \frac{eE}{r} = \text{moy. de } \left(\sqrt{1-\beta^2} - 1\right) m_0 c^2.$$

L'énergie, dont $(-W)$ est la moyenne, n'est pas égale à l'énergie cinétique, mais en diffère infiniment peu pour de faibles vitesses. Nous sommes donc fondé à dire que l'intégrale suivante J, étendue à une période d'oscillation T

$$(4)\quad J = \oint 2 m_0 c^2 \left(1 - \sqrt{1-\beta^2}\right) dt = -2WT,$$

est une généralisation de l'intégrale d'action à la mécanique relativiste. On peut aussi l'écrire

$$(5)\quad J = 2 m_0 c^2 \oint dt - 2 m_0 c^2 \oint dt_0,$$

t et t_0 étant les temps propres du noyau et de l'électron.

(1) *Ann. der Physik*, 81, 1926, p. 1.

4. Considérons le cas d'une orbite circulaire. Le nombre des actions reçues de l'électron par le proton pendant chaque chronon récepteur est, en général, égal à 1, mais il est nul de temps en temps. La fréquence de ces accidents est évidemment

$$(6) \qquad \nu = \frac{1}{N\tau}(1-\sqrt{1-\beta^2}) = \frac{-W}{m_0 c^2 N\tau} = |W| \frac{Cmc^3}{mc^2 N e^2},$$

d'après l'équation (4) et l'égalité qui définit le chronon τ. Le coefficient de $|W|$ se confond numériquement avec l'inverse de la constante h de Planck si l'on pose

$$(7) \qquad C = \frac{2\pi}{3}, \qquad \text{d'où} \qquad h = \frac{3}{2\pi}\frac{e^2 M}{mc}, \qquad \tau = 4,5 . 10^{-24} \text{ sec.}$$

L'amplitude de la modulation de l'électron est négligeable en regard de celle du proton. En définitive, le centre de gravité de l'atome subit des oscillations dont la fréquence fondamentale est définie par l'égalité $h\nu = W$ superposées à une rotation de même période T' que celle de l'électron.

Le rapport r des deux fréquences est donné par

$$2hr = 2h\nu T' = -2WT' = \int_0^{T'} 2m_0 c^2 (1-\sqrt{1-\beta^2})\, dt.$$

Il est donc égal à la moitié du nombre des quanta de rotation.

5. Lorsqu'un atome est voisin d'autres atomes semblables, sa modulation est nécessairement couplée avec le rayonnement ambiant, c'est-à-dire avec la modulation de ses voisins, sinon son mouvement s'amortirait rapidement. Les seules valeurs de r existant finalement sont donc les termes d'une série telle qu'il existe, entre les atomes pris deux à deux, le maximum de possibilités de couplage. Il en résulte des conditions arithmétiques qui, si l'on adopte les hypothèses voulues sur la configuration des atomes des corps simples, fournissent les mêmes séries d'états que la théorie des quanta.

Lorsqu'un atome change d'état, le rayonnement ambiant, précédemment accordé avec celui dû à sa modulation, interfère d'abord avec lui, d'où des battements, qui diminuent ensuite d'intensité et qu'on peut considérer comme l'origine des phénomènes lumineux. On voit immédiatement que la fréquence fondamentale des ces battements est définie par

$$h\nu = |W' - W|.$$

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Procédé et appareil pour calculer rapidement le point en radiogoniométrie.* Note [1] de M. C. **Ledoux**, présentée par M. G. Ferrié.

En radiogoniométrie, le problème du calcul du point se pose de la manière suivante : on sait qu'on se trouve avec l'avion à l'intersection de deux droites qui passent par les postes émetteurs et dont les directions sont connues. Ce problème est donc une simple résolution de triangle : la difficulté provient de ce qu'il faut l'effectuer dans un temps très court et dans l'espace restreint d'un avion soumis à des vibrations. Ces dernières rendent difficile la lecture d'une simple règle à calcul ou d'un abaque quelconque si les divisions sont rapprochées de moins de 2^{mm}.

Les trois conditions (faible espace, vibrations et rapidité exigée) excluent pratiquement les procédés avec cartes de grandes dimensions, avec constructions géométriques, abaques encombrants ou calculs numériques.

Notre solution est fondée sur les considérations géométriques suivantes :

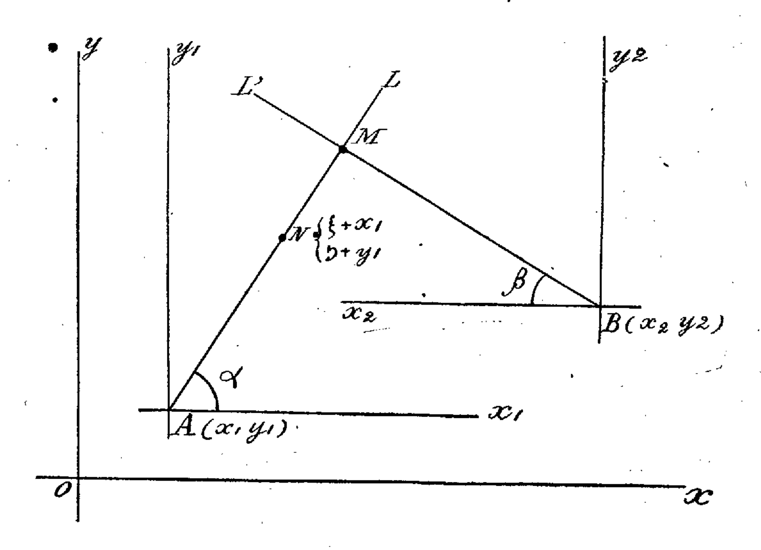
Soient α et β (supposés compris entre 0 et 90° pour faciliter l'exposé) les angles que font les directions des droites AL et BL′ passant par les postes émetteurs A et B avec les parallèles Ax_1 et Bx_2, AL la droite passant par le poste émetteur A, ξ et η les coordonnées d'un point courant de cette droite par rapport aux axes de coordonnées. Nous avons $\operatorname{tang}\alpha = \frac{\eta}{\xi}$. Constituons maintenant une première paire de règles placées côte à côte et portant des échelles logarithmiques égales dans une position telle que les divisions en regard correspondent respectivement aux abscisses et aux ordonnées des points de AL. Sur une des règles, à côté de l'échelle logarithmique des nombres, est une échelle logarithmique des tangentes, et sur l'autre règle, un repère fixe qui se trouvera en face de ($\operatorname{tang}\alpha$). Faisons maintenant un changement d'axes définis par la translation $(-x_1, -y_1)$ en remplaçant les nombres ξ et η inscrits sur les échelles logarithmiques par $\xi + x_1$ et $\eta + y_1$. A chaque valeur de α correspond une position relative des deux règles où tous les couples de nombres en regard sont les coordonnées absolues (par rapport à Oxy) d'un point quelconque de la droite OL de direction α.

Sur une seconde paire de règles correspondant au poste B, un second

---

[1] Séance du 22 novembre 1926.

angle β fixera une position relative de ces deux règles où tous les couples de nombres en regard sont les coordonnées absolues (par rapport à Oxy) d'un point quelconque de la droite OL′ de direction β.



La résolution du problème se ramène donc à la recherche d'une double coïncidence. Pour des raisons de commodité nous avons réalisé l'appareil en montant les échelles logarithmiques des nombres et des tangentes sur des tambours circulaires, les tambours de chaque paire pouvant être rendus solidaires l'un de l'autre à volonté. Nous sommes parvenus de plus, en groupant d'une façon convenable les échelles des nombres et des tangentes, à rendre possibles les calculs dans l'un quelconque des quadrants, sans qu'aucune graduation soit répétée deux fois.

La précision possible avec ce dispositif dépend de la plus ou moins exacte superposition des graduations avec le fil repère. On peut apprécier le demi-millimètre dans un avion vibrant moyennement, c'est-à-dire pour des tambours de 13^{cm} de diamètre et des distances du point aux postes, inférieures à 300^{km}, 300^{m}, ce qui est plus que suffisant pour la navigation aérienne.

Nous avons envisagé l'utilisation de ce même appareil dans l'emploi de l'observation bilatérale pour le réglage des grosses pièces, les coordonnées des points de chute pouvant être immédiatement calculées avec une grande précision, avec un appareil de très petit volume.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme indépendant de la température.* Note [1] de Mlle **Paule Collet**, transmise par M. Pierre Weiss.

Le paramagnétisme du permanganate de potassium solide a été étudié par Ishiwara [2] de $-170°$ à $+20°$. Il a été trouvé constant. Après correction du diamagnétisme on déduit de ces mesures le coefficient d'aimantation atomique du manganèse : $\chi_{Mn} = 64,4 \times 10^{-6}$.

Cette valeur se place un peu en dessus de la courbe des paramagnétismes constants dans la famille du fer, courbe qui a été signalée dans une précédente Note écrite en collaboration avec M. Pierre Weiss [3].

Ayant été amenée à reprendre, par la méthode d'attraction, les mesures relatives au permanganate de potassium, j'ai trouvé, avec des sels livrés comme produits purs, un paramagnétisme nettement plus fort que je ne l'attendais. Par cristallisations successives des sels les nombres obtenus ont diminué progressivement, jusqu'à une valeur constante quelle que soit l'origine du permanganate. Cette valeur caractérise donc le sel pur. Elle est indépendante de la température entre 15 et 150° et conduit, pour l'atome de manganèse, à

$$\chi_{Mn} = 56,5 \times 10^{-6}.$$

Le point correspondant se place exactement sur la courbe indiquée plus haut.

Il est plus difficile de déterminer exactement le coefficient d'aimantation du permanganate en solution à cause de sa faible solubilité et de la petitesse de son magnétisme. Le coefficient d'aimantation de la solution saturée ne diffère en effet que de 7,5 pour 100 de celui de l'eau. La méthode d'ascension n'est pas applicable à cause de l'opacité et de la grande viscosité de la solution.

Dans une première série de mesures j'ai constaté, grossièrement, que le coefficient d'aimantation du permanganate en solution, entre 17° et 100°, est indépendant de la température.

Pour obtenir la valeur absolue j'ai opéré, à la température ordinaire seulement, sur une quantité de solution aussi grande que le permet-

---

(1) Séance du 22 novembre 1926.
(2) *Science Reports, Tokio*, 3, 1914, p. 303.
(3) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2146, courbe 2.

tait l'appareil, en enlevant de l'entrefer le four électrique, et j'ai trouvé $\chi_{Mn} = 62 \times 10^{-6}$.

La concordance de cette valeur avec celle que donne le sel solide est aussi bonne que la difficulté des mesures sur la solution permet de l'espérer.

Le permanganate solide présente, de manière rigoureuse, un paramagnétisme indépendant de la température. Ce paramagnétisme est le même que celui du sel dissous. Par suite les premières mesures, qui avaient amené à conclure à la constance du coefficient d'aimantation pour le permanganate dissous, se trouvent confirmées avec toute la précision désirable.

Le permanganate de potassium est donc, après le bichromate de potassium (¹) et le chlorure lutéocobaltique (²), un troisième exemple de substance dissoute à paramagnétisme constant. Ces substances sont particulièrement intéressantes à cause de la difficulté d'interprétation qu'elles soulèvent (³) : tous les postulats qui conduisent à la loi de Curie paraissant satisfaits, elles sont en contradiction avec cette loi.

OPTIQUE. — *Étude interférentielle de la scintillation et des conditions de stabilité des images télescopiques.* Note de M. **A. Danjon**, présentée par M. Cotton.

Le dispositif optique dont j'ai donné sommairement le principe dans une Note antérieure (⁴) se prête aisément à l'étude interférentielle de la scintillation. En amenant les deux faisceaux émergents à se croiser sous un petit angle, on obtient des franges de Fresnel, qu'on observe en formant l'image de l'étoile sur la pupille au moyen d'une lentille. Elles se peignent sur cet objectif. Leur aspect dépend, notamment, de la distance des faisceaux interférents en avant de la lunette, ainsi que de l'agitation de l'atmosphère. Voici, très succinctement résumées, les observations qui ont été faites au moyen d'un interféromètre monté sur le grand équatorial de Strasbourg (49^{cm}).

1° Si l'on fait interférer des rayons dont la distance d, dans leur passage

(¹) *Loc. cit.*
(²) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1057.
(³) P. Weiss, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 105.
(⁴) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1408.

à travers l'atmosphère, n'atteint pas 2^{mm}, les franges sont très pures et immobiles. Si l'on porte *d* jusqu'à 1 ou 2^{cm}, les franges s'agitent nettement. Orientées suivant une certaine direction qui, dans tous les cas, a paru coïncider avec celle du vent, elles restent à peu près rectilignes; mais leur espacement est variable. Orientées dans la direction perpendiculaire, elles ondulent mais en restant sensiblement équidistantes. La surface d'onde admet donc principalement des déformations cylindriques à génératrices normales à la direction du vent. Ces apparences s'expliquent par l'existence d'une surface de discontinuité à régime tourbillonnaire. Bien entendu, les phénomènes se compliquent lorsqu'il existe plusieurs courants de vent.

2° Si l'on augmente progressivement *d* (l'appareil permettant d'atteindre 25 à 30^{cm}) l'agitation des franges croît, d'abord proportionnellement à *d*, puis de moins en moins vite. Elle tend manifestement vers un maximum, en même temps elle prend un caractère désordonné. Donc, entre des points de la surface d'onde situés à une distance qui paraît être au maximum de l'ordre de 1^{m}, les différences de marche accidentelles introduites par l'hétérogénéité de l'atmosphère sont *indépendantes*. Ceci justifie l'emploi d'instruments de très grande ouverture : le diamètre des images stellaires prend en effet, sous l'effet de l'agitation atmosphérique, une valeur indépendante de l'ouverture lorsque celle-ci dépasse 1^{m}, de sorte qu'en accroissant le diamètre de l'objectif on gagne en luminosité sans perdre grand'chose en finesse ([1]).

3° Le déplacement des franges pour une valeur de *d* petite et connue fournit la mesure des fluctuations angulaires du plan tangent à la surface d'onde. A Strasbourg, il est rare d'observer des fluctuations rapides de plus de $1''$ de part et d'autre de la position moyenne, sauf au voisinage de l'horizon.

4° Pendant qu'on mesurait l'amplitude des fluctuations comme il vient d'être dit, un autre observateur notait l'aspect de l'image de la même étoile à l'équatorial de 16^{cm}, en faisant usage de l'échelle suivante qui est une adaptation de celle de Pickering :

([1]) Pour ces instruments en effet, les conditions atmosphériques qui permettent d'utiliser effectivement le pouvoir séparateur théorique sont très rarement réalisées, et c'est l'agitation atmosphérique qui limite habituellement la finesse de l'image.

Caractéristique de l'image.	Description de l'image.	Demi-amplitude angulaire.
1.......	Image ronde, sans trace d'anneaux	1",25
2.......	Anneaux soupçonnés, irréguliers, enchevêtrés	0,93
3.......	Anneaux visibles, mobiles, fragmentaires	0,60
4.......	Anneaux complets avec condensations mobiles	0,34
5.......	Anneaux parfaitement stables	0,00

Ces observations simultanées répétées en toute saison, sur diverses étoiles à toutes les distances zénithales possibles ont montré que l'aspect de l'image dépend exclusivement de la *grandeur* des déformations de la surface d'onde. La troisième colonne du tableau donne la valeur des fluctuations angulaires, lorsque l'image donnée par un bon objectif de 16^{cm} a l'aspect indiqué.

Si l'on calcule d'après ces données la différence de marche maximum qui existe entre le centre et le bord de l'objectif de 16 lorsque les images sont très bonnes, c'est-à-dire lorsque la caractéristique est au moins égale à 4, on trouve presque exactement $\frac{1}{4}\lambda$. *La règle de Lord Rayleigh s'applique donc aux déformations des images produites par la scintillation.*

5° Un observateur exercé, muni d'un bon objectif de 16^{cm} note les caractéristiques au quart de point. On en déduit la valeur des fluctuations angulaires à 0",07 près. La règle de Lord Rayleigh permet alors de dire à coup sûr si un objectif de grande ouverture donnerait ou non de bonnes images. La légitimité de la méthode a été contrôlée par des observations simultanées de caractéristiques aux deux instruments de 16 et de 49^{cm}, et l'extrapolation peut être poussée certainement plus loin.

Donc, quand on se propose d'étudier un emplacement futur d'observatoire, il est inutile d'y installer un grand instrument. Il suffit d'y faire avec un petit instrument des déterminations répétées de caractéristiques, et de les interpréter comme il vient d'être dit. La méthode a été appliquée au cours de deux campagnes en Haute-Provence.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure du spectre du troisième ordre de l'oxygène.* (O III). Note (1) de M. C. **Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

D'après la règle d'alternance des multiplicités, le spectre du troisième ordre de l'oxygène (O III) doit être formé par des combinaisons entre des termes de multiplicité impaire (2). Le relevé que j'ai fait de ce spectre et l'étude de l'effet Zeeman de quelques-unes de ses raies m'ont permis de reconnaître cinq multiplets résultant de combinaisons entre cinq termes de multiplicités $r=3$. Si pour l'un de ces termes, le terme $^3S_1$, on adopte continuellement la valeur $^3S_1 = 100\,000$, on trouve pour les autres les valeurs suivantes :

$a\,^3P_0 = 132085,84$	$b\,^3P_0 = 69699,14$
$a\,^3P_1 = 132024,38$	$b\,^3P_1 = 69818,32$
$a\,^3P_2 = 131910,45$	$b\,^3P_2 = 70075,54$
$^3P'_0 = 102670,97$	$^3D_1 = 96307,96$
$^3P'_1 = 102753,05$	$^3D_2 = 96444,46$
$^3P'_2 = 102883,88$	$^3D_3 = 96664,92$

Elles ont été déterminées à partir des multiplets que voici :

I. — *Multiplet* $a\,^3P - {}^3S$.

i	7		5		3	
λ I. A.	3132,87		3121,71		3115,74	
ν	31910,45	113,93	32024,38	61,46	32085,34	$^3S_1$
	$a\,^3P_2$		$a\,^3P_1$		$a\,^3P_0$	

Multiplet $^3S - b\,^3P$.

i	8		7		5	
λ I. A.	3340,78		3312,35		3299,39	
ν	29924,53	256,86	30181,39	118,52	30299,91	$^3S_1$
	$b\,^3P_2$		$b\,^3P_1$		$b\,^3P_0$	

(1) Séance du 22 novembre 1926.

(2) Dans ma Note sur le spectre du deuxième ordre de l'oxygène (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 876) les coefficients g ont été notés y par erreur.

Multiplet $^3D - b\,^3P$.

i	9					
λ I. A.	3759,83					
ν	26589,38					$^3D_3$
	220,37					
i	3		8			
λ I. A.	3791,26		3754,65			
ν	26369,01	257,04	26626,05			$^3D_2$
	136,49		136,48			
i	0		3		4	
λ I. A.	3810,99		3774,01		3757,20	
ν	26232,52	257,05	26489,57	118,42	26607,99	$^3D_1$
	$b\,^3P_2$		$b\,^3P_1$		$b\,^3P_0$	

Multiplet $^3P' - b\,^3P$.

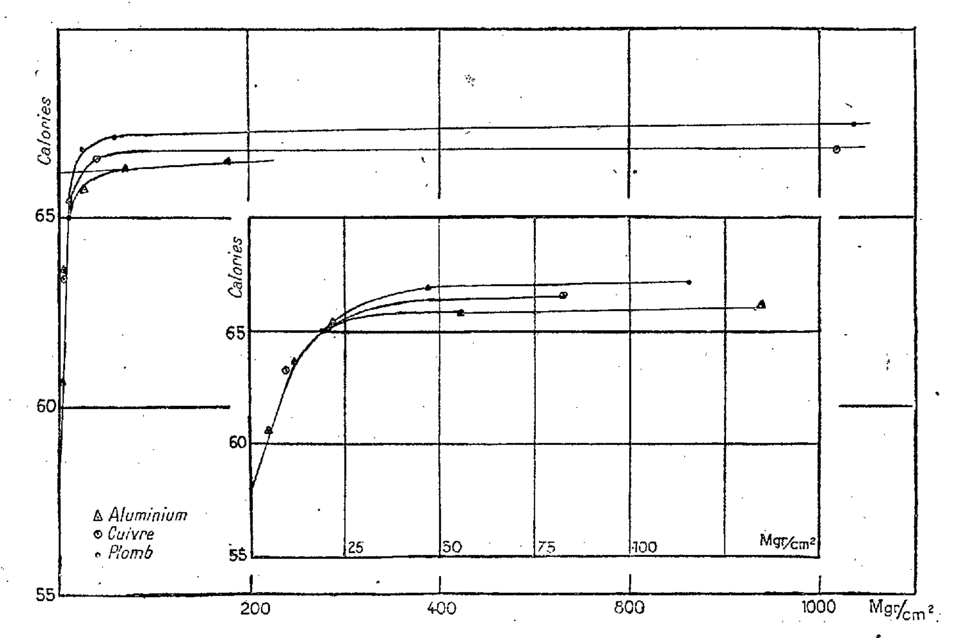
i	8		2			
λ I. A.	3047,14		3023,40			
ν	32808,18	257,43	33065,61			P'_2
	130,57		130,57			
i	4		2		2	
λ I. A.	3059,31		3035,42		3024,61	P'_1
ν	32677,71	257,22	32934,93	118,46	33053,37	
			82,23			
i			3			P'_0
λ I. A.			3043,01			
ν			33852,70			
	$b\,^3P_2$		$b\,^3P_1$		$b\,^3P_0$	

Multiplet $^3P' - a\,^3P$.

	6		3			
	3444,15		3430,66			
	29026,48	114,11	29140,59			P'_2
	130,85		130,84			
	2		3415,33		2	
	3428,70		3415,33		3408,20	
	29157,33	114,10	29271,43	61,32	29332,75	P'_1
			81,98			
			2			
			3405,79			
			29353,41			P'_0
	$a\,^3P_2$		$a\,^3P_1$		$a\,^3P_0$	

RADIOACTIVITÉ. — *Effet calorifique des rayons β et γ du radiothorium.* Note (¹) de M. **D.-K. Yovanovitch** et Mlle **A. Dorabialska**, présentée par M. J. Perrin.

Dans une Note précédente (²) nous avons établi une méthode pour calculer le coefficient d'absorption des rayons β et γ du radium au moyen de courbes d'absorption obtenues par voie calorimétrique. Nous avons employé la même méthode et le même dispositif pour mesurer l'absorption des rayons β produits par le radiothorium.



La source était constituée par le radiothorium préparé par l'un de nous en août 1924, à partir d'une préparation très concentrée en mésothorium I. Ce radiothorium séparé avec très peu de matière non radioactive (environ 6^{mg}) a été scellé dans un tube en verre (longueur 20^{mm}, diamètre 3^{mm}). Cette ampoule était successivement enveloppée par des écrans cylindriques de divers métaux et de diverses épaisseurs et l'accroissement du débit de la chaleur a été soigneusement observé comme dans le travail précédent.

(¹) Séance du 22 novembre 1926.

(²) D.-K. Yovanovitch et A. Dorabialska, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1459.

Les résultats des mesures d'absorption dans trois métaux (Al, Cu, Pb), exprimés par trois courbes ci-dessus, montrent l'augmentation du débit calorifique en fonction de $\frac{m}{s}$ (masse par centimètre carré). D'après la courbe due à l'absorption de rayons β dans l'aluminium, en traçant la tangente à sa partie finale, et en prenant le point d'intersection de la tangente avec l'axe des ordonnées, nous avons trouvé 8,2 cal-heure dues aux rayons β du radiothorium dont le rayonnement γ est équivalent à celui de $28^{mg},95$ de Ra-élément (mesure faite à travers 1^{cm} de plomb). Pour le débit calorifique dû aux rayons α seuls pour la même source, on a trouvé par extrapolation 58^{cal}.

D'après la formule approximative :

$$q = Q_\beta\left(1 - e^{-\frac{\mu}{\rho}\frac{m}{s}}\right),$$

où la signification des lettres reste la même que dans le travail précédent, nous avons calculé le coefficient moyen d'absorption des rayons β dans aluminium $\frac{\mu}{\rho} = 38,3$.

Le rapport $\frac{Q'}{I'}$ entre le débit de chaleur et le rayonnement γ du radiothorium comparé au même rapport $\frac{Q}{I}$ pour le radium est égal à 1,60. Ce rapport reste le même dans la limite de 1,5 pour 100 pour six points expérimentaux sur la courbe d'absorption obtenue avec l'aluminium, ainsi que pour les valeurs extrapolées pour les rayons α sans enveloppe métallique (1,55).

Les mesures ayant duré un mois et demi, on a été obligé de calculer les corrections sur les débits calorifiques à cause de la décroissance radioactive du radiothorium pendant ce temps.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre ultraviolet de* NO^3K *et ses variations en fonction du* pH. Note (¹) de Mme E. **Siegler-Soru**, transmise par M. J. Perrin.

Dans une série de Notes antérieures (²) M. Vlès et Mlle Gex ont montré, pour les solutions aqueuses de diverses substances absorbant dans l'ultraviolet (acide oxalique, acide benzoïque, benzène), que le rapport de

(¹) Séance du 11 octobre 1926.

(²) Vlès et Gex, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1342; **181**, 1925, p. 506; *Arch. Phys. biol.*, 5, 1926, p. 62 et 78.

l'absorption de deux régions spectrales, $\varphi = \frac{\operatorname{colog} \lambda_1}{\operatorname{colog} \lambda_2}$, est susceptible de présenter en fonction du pH des variations complexes, signalétiques de modifications moléculaires échelonnées.

Nous avons pu étudier le spectre ultraviolet de l'acide azotique et des nitrates alcalins [1] : avec la technique et les instruments qui avaient servi aux recherches citées plus haut.

Le spectre ultraviolet de l'acide nitrique et des nitrates métalliques est formé comme l'on sait [2] d'une bande N à sommet sur $\lambda\, 300^{m\mu}$ (avec un contrefort faiblement différencié vers $\lambda 280$), et de l'amorce d'une seconde bande très forte de sommet inférieur à $\lambda\, 250$.

Des solutions de NO^3K ont été préparées à concentration constante en nitrate (10^g pour 1000) et pH modifiés par HCl ou NaOH; elles ont montré en fonction du pH, une bande N de sommet constant comme position en longueur d'onde, mais variable au point de vue de l'intensité de l'absorption.

Si l'on étudie en fonction du pH les rapports du sommet et des flancs de la bande, $\varphi_1 = \frac{(\lambda 300)}{(\lambda 310)}$ et $\varphi_2 = \frac{(\lambda 300)}{(\lambda 289)}$, on constate qu'ils présentent des sinuosités d'un type analogue à celles des corps antérieurement étudiés. Pour l'un ou l'autre de ces rapports, le NO^3K possède une courbe à trois portions : une première sinuosité (système A) est comprise entre pH 0,2 et pH 2,5; une seconde (système B) entre pH 2,5 et pH 5,5; une troisième (système C), beaucoup plus étalée, entre pH 5,5 et l'extrémité alcaline de l'échelle des pH.

Il y a donc là encore, dépendant du pH, des modifications en échelons des propriétés optiques. On peut tenter de rendre compte par le calcul de ces sinuosités, en se donnant l'hypothèse que chacune d'elles est assimilable à un équilibre de dissociation qui dépendrait de la loi des masses, et qu'on pourrait caractériser par ses constantes pK [3]. Dans ces conditions, on représente assez correctement la sinuosité A en la supposant fournie par l'équilibre d'un système divalent ayant pour pK 0,3 et 1,8; de même pour la sinuosité B, représentée également par un système divalent, de pK 3,9 et 4,3; le système C se comporterait comme monovalent, de pK = 7.

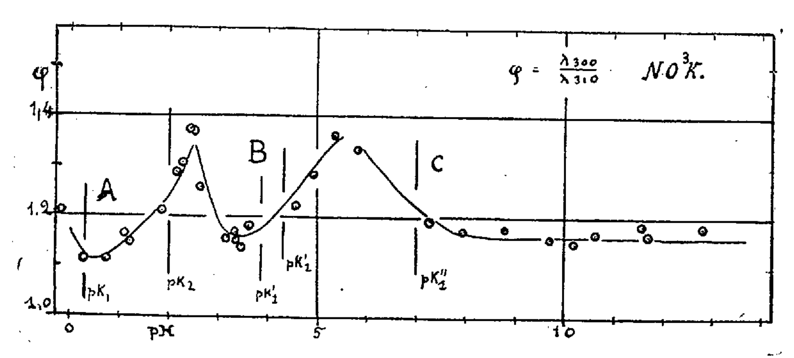
---

(1) Les mesures spectrophotométriques ont été faites avec le dispositif connu (Vlès, *Arch. Phys. biol.*, **4**, 1924, p. 221); mesures de pH prises à l'électrode à hydrogène Vlès-Vellinger (*Bull. Soc. chim.*, **37**, 1925, p. 771).

(2) Vlès, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1242.

(3) Pour ce calcul, voir Vlès et Gex, *Arch. Phys. biol.* (*loc. cit.*).

Tout se passe donc comme si l'absorption du nitrate mettait en jeu en fonction du pH cinq constantes successives, liées par groupes en équilibres électrolytiques. Il est impossible pour le moment de préciser quelles sont les modifications moléculaires qui correspondraient à ce schéma, et qu'on peut supposer par exemple être des degrés d'hydratation successifs de l'anion; il est curieux de constater que le nombre de constituants imposés par la structure de la courbe coïncide avec le nombre de valences de l'azote.



Rapport $\varphi = \frac{\lambda 300}{\lambda 310}$ pour NO^3K en fraction du pH. A, B, C, systèmes dissociables successifs de cootrastes p_k, p'_k, ...; ⊙ points expérimentaux; ——— courbes calculées.

On peut se demander ce que représentent les pK ainsi déterminés optiquement et quelle relation ils peuvent avoir avec la dissociation de la fonction acide de l'anion nitrique. On sait que l'acide azotique, électrolyte fort, ne fournit pas de constantes correctes d'une loi de masses, mais qu'en exprimant l'équilibre d'une loi de dilution d'Ostwald, on obtient un coefficient pK variable qui décroît continuellement quand la concentration croît. Or, les pK trouvés optiquement pour les NO^3K ne coïncident pas comme ordre de grandeur (ils sont près de trois fois plus grands), avec les valeurs par lesquelles passerait la courbe des pK de l'acide azotique, aux pH correspondants. Il ne semble donc pas que la valence acide de l'anion soit directement intéressée dans les transformations optiques que nous avons signalées.

GÉOLOGIE. — *Sur la situation tectonique des Marbres en plaquettes près du col de la Leysse (Savoie).* Note de M. **E. Raguin**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une précédente Note (¹), j'ai signalé l'existence de lambeaux de calcaires phylliteux crétacés et de schistes assimilables au *Flysch* nummulitique, reposant sur les calcaires du Trias supérieur de la Vanoise, aux environs du col de la Leysse et près du lac de Tignes où ils apparaissent sous les gypses de la Nappe des *Schistes lustrés*. Les calcaires subordonnés ne présentent pas de fossiles et l'on ne peut fixer leur âge que par la continuité des assises et le faciès lithologique.

Comme l'a indiqué M. Pierre Termier (²), la structure du Massif de la Grande Motte est faite de plusieurs plis très redressés, sensiblement E-W, bien visibles dans les Rochers de Pramecou où des anticlinaux de *Marbres phylliteux* triasiques percent les calcaires. L'âge triasique des premiers est précisé du fait qu'ils s'associent à des cargneules et même à des lames de *Quartzites*. Ces plis se couchent de plus en plus quand on les suit vers l'Est et s'enfoncent sous la Nappe des *Schistes lustrés* au col de la Leysse.

En même temps qu'ils s'ennoient, ils s'enrichissent de terrains jurassiques dans deux synclinaux : le synclinal avec Lias et Jurassique supérieur du Plan de Nette, couché au Sud-Est, et le synclinal de la Grande Balme avec Lias, qui se couche au Nord dans le Vallon du Paquier. Les étages liasique et jurassique supérieur ont été déterminés par la présence de fossiles (³). Les calcaires formant le substratum des lambeaux ci-dessus sont en continuité avec ceux compris dans le faisceau de plis de la Grande Motte, entre les anticlinaux de *Marbres phylliteux* triasiques et les synclinaux liasiques. Ils présentent des faciès qui sont usuels dans le Trias supérieur de la Vanoise : soit gris plus ou moins foncé à grain très fin, soit marmoréens blancs ou gris, soit localement jaunes à patine orangée.

(¹) E. Raguin, *Sur la présence, au nord-est de la Vanoise, de schistes assimilables à ceux du Flysch tertiaire* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 891).

(²) P. Termier, *Étude sur la constitution géologique du Massif de la Vanoise* (*Bull. des Serv. de la Carte géolog.*, **2**, 1890-1891, p. 367).

(³) W. Kilian et P. Termier, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 4ᵉ série, **5**, 1905, p. 859. — W. Kilian, *Comptes rendus*, **143**, 1906, p. 470. — M. Gignoux, *Bull. des Serv. de la Carte géolog.*, **28**, 1924, p. 13.

On pourrait être tenté de dire que les calcaires jurassiques prennent au nord de la Vanoise un faciès différent du faciès classique du Plan de Nette. Il n'en est rien. Un synclinal dans le Trias au soubassement méridional de l'Aiguille des Aimes, à 600^m ouest du col du Palet, contient du Lias [1] à l'état de *Brèche du Télégraphe*, et du Jurassique supérieur à l'état de marbres versicolores où j'ai retrouvé des Bélemnites. Ce sont bien les faciès du Plan de Nette. Dans ce synclinal figure aussi un noyau crétacé, formé de calcaire argileux avec *Rosalina* et *Globigerina*, tout à fait analogue à celui du Vallon du Paquier, toutefois sans glaucophane, mais avec feldspath néogène. Il est accompagné aussi de schistes luisants verts et noirs.

Pour les raisons de faciès et de continuité d'assises, je pense donc que le substratum des lambeaux de *Marbres en plaquettes* au col de la Leysse et près du lac de Tignes est le calcaire triasique de la Vanoise. Beaucoup plus épais que le Lias et le Jurassique, il est susceptible de subir d'intenses laminages sans être supprimé, et il supporte en effet la Nappe des *Schistes lustrés* sur une vaste étendue au sud-ouest de Val-d'Isère. Les lambeaux de schistes sous le gypse sont allongés parallèlement aux plis est-ouest de la Vanoise, et peut-être pincés dans le Trias, de sorte que la première idée est celle de lames anticlinales de *Marbres phylliteux* analogues à celles des Rochers de Pramecou. Mais cette disposition est explicable par le resserrement qui a, postérieurement au charriage, encaissé le gypse en recouvrement du col du Palet entre les Rochers de Pramecou et la Pointe du Chardonnet.

Ainsi les lambeaux de terrains crétacé et tertiaire sont des écailles ayant joué sous la Nappe des *Schistes lustrés*. Du moment que, dans le synclinal des Aimes, il existe du Crétacé en place par rapport à la Vanoise, c'est une raison de penser que les écailles ci-dessus ne sont pas des terrains exotiques, mais ont été seulement décollées de la Vanoise dans une partie un peu plus orientale, recouverte actuellement par la Nappe. M. M. Gignoux [2] a vu dans les *Marbres en plaquettes* du col de la Leysse la série normale triasique et jurassique du Plan de Nette se complétant par le haut. Entre le marbre jurassique supérieur du Plan de Nette et les cargneules gypsifères charriées, on rencontre des schistes foncés, surtout quartzophylliteux. Ils sont très cristallins et différents des schistes accompagnant les *Marbres en plaquettes*

---

(1) Les morceaux rencontrés par M. M. Gignoux (*loc. cit.*) sur le sentier du col du Palet proviennent sans doute de là.

(2) *Loc. cit.*

plus au Nord. Ce serait, à mon avis, une autre écaille dans la surface de charriage, faite de schistes chloriteux triasiques ou de *Schistes lustrés*. Elle est presque en continuité avec l'écaille de *Marbres phylliteux* et de *Calcaires à zones siliceuses* du Trias typique qui coiffent les calcaires du Rocher du Col.

Les *Marbres en plaquettes* du col de la Leysse ne sont donc qu'en superposition virtuelle sur le Jurassique du Plan de Nette. Ils ont eu jadis, pour substratum, des couches qui prolongeaient celles du Plan de Nette. Lors du charriage, ils ont été traînés vers l'Ouest sur le calcaire triasique.

GÉOLOGIE. — *Présence de la glauconie dans les faluns vindoboniens de Bretagne*. Note de M. **Yves Milon**, présentée par M. Pierre Termier.

En traitant par l'acide chlorhydrique un grand nombre d'échantillons de calcaires faluniens du Vindobonien de Bretagne, j'ai découvert la présence de glauconie, souvent très abondante, dans le résidu insoluble obtenu. La glauconie se présente, non sous forme de grains plus ou moins arrondis et de petites balles d'un vert luisant; mais en bâtonnets grêles, bifurqués, ramifiés, souvent anastomosés, hérissés de pointes fines, accidentés de renflements irréguliers.

Par une décalcification lente et progressive des fragments calcaires, on peut étudier la nature et l'origine de ces formes capricieuses (longues de 100 à 300^{μ} en moyenne). On se rend compte alors que la glauconie, invisible à l'œil nu dans le dépôt normal, se cache dans toutes les cavités et anfractuosités des débris d'organismes, emplissant les loges des bryozoaires, et les canalicules ramifiés dont certaines algues et éponges ont perforé les tests des mollusques.

Cette glauconie est partout où il y a des cavités, et dans les canalicules les plus fins on peut dégager parfaitement les filaments glauconieux ramifiés, épousant les formes des loges et des conduits microscopiques où elle s'est déposée.

Quelques foraminifères sont également farcis de glauconie, mais elle se remarque surtout dans les fragments de bryozoaires et les perforations variées des débris de coquilles.

J'ai reconnu la présence de la glauconie en quantité importante (pouvant représenter parfois jusqu'à $\frac{1}{10}$ de la masse du sédiment) dans les faluns provenant des localités suivantes :

Plouasne, Landusan, Le Quiou (Côtes-du-Nord); Chazé-Henry (Maine-et-Loire); Saint-Grégoire, La Chellerais-en-Gahard, La Mare-de-la-Salle-en-Bruz (Ille-et-Vilaine);

Dans les faluns d'âge rédonien du Temple du Cerisier près Rennes;

Dans certains dépôts faluniens, en particulier à la Chaussairie, en Chartres (Ille-et-Vilaine), les filaments glauconieux sont presque uniformément brunâtres, recouverts d'une pellicule d'oxyde de fer que le traitement à l'acide chlorhydrique, à chaud, suffit généralement à faire disparaître. Dans un seul cas douteux où la pellicule oxydée n'a pu être enlevée, la réaction microchimique de la potasse (faite avec M. Randoin) a confirmé nos prévisions.

Conclusions. — 1° La glauconie existe en quantité notable dans les faluns de Bretagne.

2° Sa présence n'avait pas été signalée jusqu'ici parce qu'elle se trouvait seulement à l'état de moules délicats, dans les perforations qui criblent le test des mollusques, et, d'une manière générale, dans toutes les cavités des fragments calcaires.

3° La matière organique semble avoir dû jouer un rôle prépondérant dans l'élaboration de cette glauconie, qui a pris la place d'organismes variés.

4° Ces organismes : Eponges, Vers, Bryozoaires, Algues, ont criblé et miné à un tel point le test de certains mollusques qu'il ne reste que de minces cloisons calcaires entre toutes ces cavités. Ces parasites contribuent puissamment à émietter et à détruire les tests et squelettes des organismes calcaires. L'importance de cette attaque est mise en relief par la glauconie qui s'est substituée à la matière organique, remplaçant elle-même le calcaire détruit.

5° Les moules glauconieux des dépôts faluniens pourront être conservés dans certains sables, et faluns, décalcifiés naturellement.

La conservation délicate des formes de certains fossiles pourra servir à identifier la microfaune et l'âge de dépôts dans lesquels les fossiles calcaires ont disparu.

Cette recherche, combinée avec celle des minéraux lourds obtenus également après décalcification des faluns (par exemple : zircons bipyramidés, nombreux dans les échantillons décalcifiés de Plouasne), permettra d'étendre les recherches aux formations altérées et aux sédiments pauvres résiduels, confondus encore dans le P_b des cartes, et attribués avec doute au Tertiaire le plus récent.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique des régions caraïbes de la Colombie sud-américaine.* Note de M. **L. Joleaud**, présentée par M. Émile Haug.

Les trois grandes chaînes des Andes colombiennes, étroitement unies vers le Sud, divergent largement au Nord : la Cordillère occidentale, dont l'altitude s'atténue fortement dans cette dernière direction, se termine par les monts de Marie; la Cordillère centrale s'ennoye entre les bourgs du Banco et de Mompos, sous les alluvions du rio Magdalena; la Cordillère orientale, qui se divise dans la région de Pampelune, encadre finalement la cuvette du Maracaibo, sa branche ouest formant la presqu'île de la Goajira et sa branche est constituant les principaux reliefs du Venezuela.

J'ai observé le prolongement des accidents tectoniques caractéristiques de la Cordillère occidentale jusqu'à la mer des Caraïbes, aux environs immédiats de Puerto Colombia. Au sud-ouest du village d'Usiacuri, des grès tertiaires, probablement d'âge miocène récent, sont redressés subverticalement, tandis qu'un peu plus à l'Ouest les mêmes sédiments plongent légèrement vers le Couchant, révélant l'existence, sur ce point, d'un anticlinal faillé dissymétrique déjeté vers l'Est. Plus au Nord, à Los Perdices, près de Tubara, le même type de dislocation se retrouve plus accusé, amenant, dans l'axe du pli, des calcaires, sans doute éocènes supérieurs, à strates énergiquement ployées et injectées de calcédoine. L'ensemble du pli Usiacuri-Tubara, de direction générale SSW-NNE, est donc déversé vers l'Est.

Sur le prolongement de la Cordillère centrale, au Nord de la cluse de Mompos, qui correspond à une transversale d'ennoyage, j'ai découvert une série de coteaux jalonnant le raccord de la zone médiane de schistes cristallins de cette chaîne et de leur bordure mésozoïque, au massif de la Sierra Nevada de Santa Marta, dont les neiges éternelles dominent brusquement la mer des Antilles. Parmi les cerros qui marquent cette liaison tectonique, les uns sont formés de diorites, les autres de calcaires crétacés : j'ai reconnu ces roches au nord du Banco et aux environs de Chimichagua. La Sierra Nevada se présente elle-même comme un noyau amygdaloïde hercynien, à grand axe sensiblement N-S, enchâssé dans les plissements crétacéo-tertiaires des Andes; très vraisemblablement il en est de même de la Cordillère centrale proprement dite, dont la Sierra Nevada n'est que le prolongement dans la direction du Nord. Vers elles, se couchent les plis de la

Cordillère occidentale et aussi, comme je vais le montrer, ceux de la Cordillère orientale.

A la différence des chaînes de montagnes précédemment envisagées, les deux branches de la Cordillère orientale abandonnent leur orientation subméridienne primitive à la hauteur de Tachira et du Cabo de la Vela, pour courir, parallèlement à l'équateur, dans la Sierra de Merida au Venezuela, et dans la ride sous-océanique émergeant sous la forme des écueils des Monges et de l'île Aruba (Antilles néerlandaises). La virgation ouest, que j'ai pu étudier dans les serranias d'Ocaña et de Perija, m'est apparue, sur son bord occidental, comme dessinant une série d'imbrications affectant le Crétacé (par exemple entre Curumani et le rio de Oro) et le Nummulitique (notamment à l'Est de Barranca Bermeja) : ces accidents se présentent d'ailleurs comme nettement déversés vers l'Ouest, c'est-à-dire vers les noyaux hercyniens de la Cordillère centrale et de la Sierra Nevada.

Ces observations m'ont conduit à une conception tectonique différente de celle de mes devanciers en ce qui concerne les deux zones déprimées principales qui séparent les grandes arêtes montagneuses de la basse Colombie : 1° la moyenne vallée du Magdalena et la vallée du rio César, entre la Cordillère orientale d'une part, la Cordillère centrale et la Sierra Nevada d'autre part; 2° la vallée du rio Cauca et la vallée inférieure du Magdalena entre ces derniers reliefs et la Cordillère occidentale. Au lieu de fossés d'effondrements, limités par des cassures correspondant aux rebords des chaînes Andines, j'interprète ces alignements de vastes plaines néogènes comme des aires synclinales, séparant deux rides, de jeunes plissements d'un massif ancien, vers lequel sont déversées les dislocations récentes. Je suis ainsi amené à substituer au réseau de failles, précédemment admis par les géologues allemands, des systèmes de plis imbriqués, d'autant moins accusés que les accidents envisagés sont plus éloignés du pied des Cordillères; cette dernière constatation explique le développement, dans les régions déprimées de la Colombie du Nord, d'un régime de molles ondulations, transition entre les pays plissés des montagnes de l'Est ou de l'Ouest et l'architecture subtabulaire de la Sierra Nevada.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques faites au cours de l'expédition de S. A. S. le Prince Kemal-el-Dine Hussein dans le désert de Libye* (1925-1926). Note de M. N. **Menchikoff**, présentée par M. Émile Haug.

Dans une Note récente, M. Tilho (1) a exposé les résultats géographiques de l'expédition de S. A. S. le Prince Kemal-el-Dine Hussein, dans le désert de Libye, pendant l'hiver 1925-1926, expédition à laquelle j'ai pris part en qualité de géologue et de géodésien.

Les terrains les plus anciens observés, au cours de cette expédition, sont les roches cristallines de la région d'Ounat (2), formant le substratum du plateau des grès de Nubie; elles apparaissent ici grâce à une faille qui les limite au Sud-Ouest.

C'est un puissant complexe de schistes cristallins fortement redressés et traversés par de nombreux filons de pegmatite, de quartz et de roches volcaniques.

La direction dominante des plis, à Ouenat, est WSW-ENE.

Plusieurs massifs de roches granitiques font intrusion dans ces schistes. Ainsi la partie sud-ouest d'Ouenat est formée par une grande masse de granite gris à enclaves.

Le contact avec les schistes cristallins encaissants est très brutal, sans aucune zone de passage. Le granite coupe même obliquement ceux-ci.

Les schistes cristallins, résistant mal à l'érosion, ne forment presque jamais de reliefs importants. Ils sont surtout visibles sur les parois verticales des vallées du massif, où ils ont été protégés par leur couverture gréseuse. Par contre, les masses granitiques, dégagées des schistes cristallins encaissants, restent en relief et sont facilement reconnaissables à leurs formes arrondies dues à la désagrégation en boules, par désquamation.

Toutes ces roches cristallines ont été arasées par une érosion ancienne et forment une pénéplaine faiblement inclinée vers le NE. Celle-ci s'enfonce,

---

(1) Tilho, *Du Nil aux confins du Tibesti par le centre du désert Libyque (explorations du Prince Kemal-el-Dine)* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 935).

(2) Les roches éruptives ont été découvertes à Ouenat par Hassanein bey : W.-F. Hume, *Conclusions derived from the geological data collected by Hassanein bey during his Kufra-Owenat expedition* (*The Geographical Journal*, **64**, 1924, p. 386-388). — F.-W. Moon, *Notes on the geology of Hassanein bey's expedition, Sollum-Darfur*, 1923 (*Ibid.*, p. 388-393).

au N, sous les grès de Nubie presque horizontaux qui recouvrent en discordance angulaire les schistes cristallins fortement redressés.

Dans le Karkour Mourr, on observe sur la paroi occidentale, la coupe suivante : Jusqu'à mi-hauteur montent des schistes cristallins plongeant au SSE à environ 35°. Sur leur surface arasée, reposent, en discordance, 2^{m} de grès durs presque horizontaux. Ils sont surmontés d'une coulée de rhyolite, très altéré, de 5^{m} d'épaisseur, puis après 3^{m} de grès s'intercale une couche de 15 à 20^{cm} d'argile gréseuse à empreintes végétales.

Ce sont surtout des empreintes de l'écorce d'*Archæosigillaria* aff. *Vanuxemi* Kidston à des états différents de décortication. Elles sont identiques à celles recueillies dans l'Ennedi et l'Erdi-ma, par le commandant Carrier et étudiées par M. Fritel, qui les a attribuées à la base du Dinantien (1).

Dans l'Ennedi, ce niveau surmonte d'autres couches, qui, d'après M. Fritel, représentent probablement le Dévonien (*Spirophyton*) et peut-être même le Gothlandien (*Harlania*). Au contraire à Ouenat le régime du grès de Nubie a commencé seulement au début du Carbonifère. Nous voyons donc qu'à cette époque, la zone où se déposait le grès de Nubie était considérablement étendue vers le Nord.

Au-dessus du niveau à végétaux vient une épaisse série de grès continentaux complètement dépourvus de restes organiques.

Ces grès couvrent de vastes surfaces dans tout le désert de Libye. La stratification entrecroisée s'y observe très fréquemment.

Par endroits, on remarque des ripple-marks dissymétriques, dus à des courants d'eau. Le grain du grès est souvent très grossier, passant parfois à un véritable petit poudingue, mais les couches d'argile rose, violacée ou verte y sont également assez fréquentes. Certaines couches de grès sont très riches en concrétions tantôt ferrugineuses, tantôt calcaires.

Nous avons suivi ces grès le long de tout le parcours de l'expédition.

Dans la partie supérieure de la série gréseuse, nous avons recueilli, en plusieurs endroits, des fragments de bois silicifié. Leur mode de gisement et leur état de fossilisation montrent qu'ils ont subi un long transport avant leur dépôt. Le mauvais état de conservation de ces bois ne permet pas de les déterminer.

La concordance du grès de Nubie avec du Mésocrétacé marin et l'existence, dans ce grès de Nubie, d'une flore éocrétacée dans d'autres régions de

(1) P.-H. Fritel, *Végétaux paléozoïques et organismes problématiques de l'Ouadaï* (*Bull. Soc. géol. Fr.* 4e série, 25, 1925, p. 33-48, pl. II et III).

l'Égypte permettent de considérer la partie supérieure de cette formation comme du Crétacé inférieur. D'autre part la base est dinantienne, et en certains endroits peut-être même plus ancienne, sans que l'on puisse pour cela affirmer la continuité de la série.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la ségrégation en mosaïque chez les hybrides fertiles de Blés et de Seigle.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Les hybrides de Blé et de Seigle sont rares, la plupart limités à la première génération, stérile ([1]). Jesenko (1913), puis Lowe et Graig (1919) avec beaucoup de peine ont pu suivre la seconde génération de *Tr. vulgare* × *Secale*; je possède moi-même plusieurs lignées, actuellement bien fixées, de *Tr. turgidum* × *Secale* dérivées de croisements réalisée en 1921 et en 1922 ([2]) et divers Blés fertiles dérivés d'une même plante *Tr. Spelta* × *Secale*, de 1923, seule fertile par les ovaires parmi les nombreux hybrides de cette origine que j'ai réalisés. Les circonstances qui m'ont permis de remédier à la stérilité, considérée comme fondamentale par les génétistes, puis d'obtenir des Blés nouveaux, fertiles et définitivement fixés, prouvent qu'il s'agit ici d'une désagrégation de l'individu hybride F_1 en une mosaïque, à la fois pour la fécondité et pour les caractères morphologiques; cette constatation donne une grande vraisemblance à la généralité du phénomène et explique l'obtention d'espèces nouvelles à partir d'hybridations entre espèces et genres divergents.

Les lignées de Blés utilisées pour mes croisements sont très uniformes : *Tr. turgidum* B. contrôlé et suivi en grande culture depuis 1909; *Tr. Spelta* T. ligne pure sans barbes, dans ma collection depuis 1911. Ces Blés diffèrent autant que possible, non seulement par leurs caractères spécifiques bien connus, mais par leur végétation, *turgidum* B. étant un Blé d'automne mûrissant le 10 août à Bellevue, *Spelta* T. un Blé de printemps mûrissant vers

---

([1]) Des combinaisons F_1 stériles ont été obtenues avec *Triticum vulgare* par Nakao, Shiephacke, Mac Fadden, Leighty, Backhouse, etc.; avec *Tr. monococcum* et *polonicum* par Tschermack, avec *Tr. dicoccum* et *dicoccoides* par Jesenko; avec *Tr. Spelta* et divers *Aegilops* par Blaringhem.

([2]) *Sur un nouvel hybride fertile de Blé Poulard* (Tr. turgidum) *et de Seigle* (Secale cereale) (*Bull. Soc. bot. France*, 71, 1924, p. 1158-1168 et 1 pl.).

le 25 juillet ; les récupérations de fertilité et les nouveautés obtenues sont en corrélation étroite avec la durée de végétation des ascendants.

J'ai fourni [1] sur les produits *Tr. turgidum* B × *Secale* des documents qui prouvent que la stérilité des chaumes F_1 est variable, les uns étant complétement stériles, certains très rares donnant quelques graines. Même fait pour *Tr. Spelta* × *Secale*; un seul chaume, l'avant dernier formé sur une plante de 1923, a donné 4 grains par pollinisation avec le Seigle. J'ai montré qu'en F_2, pour *turgidum* B. × *Secale*, la stérilité était beaucoup plus marquée sur les chaumes à croissance prolongée donnant des épis à rachis qui s'allongent encore après la floraison pour atteindre 20^{cm}. Tout se passe comme si les matériaux, d'ordinaire utilisés pour la formation des embryons, étaient absorbés pour la croissance des rachis.

Les réactions chimiques varient selon les chaumes ; la formation de lignine incrustante, qui stabilise à une longueur réduite les rachis à chimisme accéléré, est toujours en corrélation avec la réapparition locale de la fertilité des ovaires. Chez les *Spelta* T. × *Secale* stériles, la formation de lignine est tardive et limitée [2]. La disjonction en mosaïque bien connue du *Cytisus Adami*, avec réapparition de la fécondité des ascendants est, elle aussi, accompagnée d'altérations locales dans le chimisme des parties.

Pour les Blés, des mesures permettent de préciser les localisations; la longueur des rachis des épis l, les nombres d'épillets a, les compacités $D = 10a : l$ varient. Pour *turgidum* B. = *Secale*, les valeurs furent en moyenne, pour les épis stériles F_2 : l 180^{mm}, a 31, D 16, pour les épis fertiles l 92^{mm}, a 27, D 30, et cette valeur D, caractère héréditaire chez les céréales, s'est fixée en F_3 et F_4. Mes blés *turgidum* × *Secale* actuellement bien fertiles ont la plupart des caractères d'épis et de paille des *turgidum*, mais les compacités sont notablement plus faibles. Mêmes faits au cours des ségrégations de l'hybride *Spelta* T. × *Secale*. Les hybrides stériles donnent les caractéristiques : l 144^{mm}, a 37, D 26; les épis stériles de la plante F_1 avec un épi fertile : l 122, a 35, D 28 et l'épi fertile : l 82, a 26, D 31,5. En F_2 et en F_3, les phénomènes s'accentuent avec des compacités moyennes d'épis $D_m = 35$ et même 40.

Même ségrégation dans la durée végétative. Pour *turgidum* × *Secale*, il fallut suivre F_1 durant 18 mois pour obtenir de rares épis; en F_2, après 11 mois la plupart des épis étaient formés; en F_3 et F_4, la végéta-

---

(1) *Loc. cit.*

(2) L. Blaringhem, *Sur un hybride stérile d'Épeautre et de Seigle* (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 635).

tion est celle d'un Blé d'automne (8-9 mois pour l'apparition des épis) avec retard de 15 jours sur la maturation des *turgidum* purs témoins. De plus, l'état infantile des albumens s'est fixé. Pour *Spelta* T. × *Secale*, j'ai actuellement (F_4) au moins deux Blés nouveaux, l'un à barbes très courtes, l'autre à barbes longues; le premier avec la végétation *Spelta*, le second avec la végétation *Secale* et les caractéristiques d'épis *Secale*, mais à vitalité beaucoup moindre.

En résumé, chez les hybrides Blé × Seigle fertiles, la fertilité F_1 est toujours très réduite, limitée aux chaumes tardifs moins vigoureux et à lignification récupérée; la fertilité des générations suivantes obéit aux mêmes processus accélérés. C'est la conséquence d'une disjonction en mosaïque, laquelle est manifestement régie par les agents externes.

Le processus deviné par Naudin a une portée générale; la stérilité des hybrides intergénériques n'est pas fondamentale; elle dépend en partie des conditions de croissance et, par conséquent, peut être éliminée par l'intervention intelligente de l'opérateur.

PHYSIOLOGIE. — *Antagonisme oxygène-gaz carbonique*. Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

1. Il est connu qu'un excès de gaz carbonique dans le sang provoque l'essoufflement, et qu'un excès d'oxygène ralentit, arrête même la respiration. L'antagonisme évident de ces deux fluides exerce, sur le bulbe, un effet régulateur.

Faisons respirer un *mélange air-gaz carbonique*, enfermé dans un spiromètre automatique : *suivant le taux carbonique*, *les respirations augmenteront en nombre et en profondeur*. La ventilation pulmonaire sera considérablement amplifiée grâce à cette défense biologique. Résultat semblable quand les muscles travaillent à une cadence rapide, portant celle de la respiration au delà de 40 par minute.

Ces faits, d'un intérêt social facile à comprendre, nous les avons démontrés(¹) et appuyés sur données numériques et graphiques de respiration, exposés dans notre *Éducation respiratoire* (Dunod, 1920). Le type de ces graphiques pressés et profonds se retrouve chez les asthmatiques et emphysémateux, mais avec des *accidents de tracé* qui révèlent une élasticité alvéolaire imparfaite. Il se manifeste également dans le surmenage, les menaces d'as-

(¹) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 667.

phyxie, les exercices sportifs à très vive allure. Dans toutes ces circonstances, l'*organisme accroît sa ventilation et tente d'expulser le gaz carbonique surabondant*.

L'élasticité des poumons n'est pas seule en cause; *il y a une action nerveuse constante*, ainsi que d'Arsonval l'avait établi dès 1877 (*Thèse*, Paris). Autrement dit, il s'agit d'un acte réflexe bulbaire.

En effet, donnons de l'oxygène en inhalation, ou imposons quelques respirations profondes en air libre : *L'excès de gaz vital, pénétrant dans le sang, freinera aussitôt l'accélération respiratoire*. Un exemple frappant est celui-ci. Montez rapidement 4 ou 5 étages, et, arrivé sur le palier, inspirez, puis expirez profondément à quatre reprises. Ce sera suffisant pour enrayer l'essoufflement, si désagréable quand on est en visite. La vitesse du jeu cardio-pulmonaire, accrue de 35 pour 100 en moyenne, prendra une valeur *au-dessous* de sa valeur initiale : *vous êtes pleinement reposé*.

A cet égard, il est bon de *recommander les allures rapides, en respirant ensuite, lentement et à fond*.

2. Le témoignage des graphiques justifie aussi nos anciennes conclusions (*loco citato*, p. 57) : « Dans le cas du gaz carbonique, disions-nous, le bulbe est excité, et il rompt le rythme respiratoire au profit de l'expiration afin de vider totalement les poumons de leur contenu toxique. Sa réaction défensive persiste même après le retour à l'air libre, quelquefois durant 7 à 8 minutes. Au point de vue de l'hygiène, il est clair que l'accident par gaz carbonique doit se traiter au moyen d'inhalation d'*air suroxygéné* ou même d'oxygène pur... Par contre, on peut se demander si la présence d'un peu de gaz carbonique, dans l'atmosphère que respire un asthmatique, ne pourrait pas constituer une méthode thérapeutique. Tout au moins elle stimule l'activité respiratoire, tend à épanouir les poumons pour une plus large ventilation, et peut calmer les crises de toux ».

Précisément, les recherches thérapeutiques vérifient, depuis six ans, toutes ces conclusions. Tandis qu'en Amérique, Smith et autres (1922-1924) font usage de l'air suroxygéné pour soigner les maladies respiratoires (tuberculose), Bayeux utilise l'injection sous-cutanée d'oxygène, mélangé de 15 à 25 pour 100 de gaz carbonique, contre les dyspnées toxiques (*Comptes rendus* du 30 mai 1921). Et tout dernièrement, Ambard et Schmid (*Ibid.*, 15 novembre 1926), ont employé le mélange air-gaz carbonique en vue de rétablir la respiration des animaux *chloralosés*, et surtout de combattre les syncopes du poumon. Ils ont retrouvé le type de tracés rapides et profonds que nous avions caractérisés il y a sept ans.

Conclusion. — L'antagonisme des deux principaux gaz du sang, oxygène et acide carbonique, conditionne normalement la fonction respiratoire. Mais on peut l'exalter au profit de l'un ou l'autre fluide, de telle façon que l'on réalise, grâce au centre bulbaire réflexe, un mécanisme de défense contre l'intoxication par essoufflement, surmenage, air confiné, et un procédé de traitement des insuffisances ou anomalies, voire des syncopes respiratoires.

PHYSIOLOGIE. — *L'influence du testicule sur le métabolisme chez les Gallinacés.* Note [1] de M. **J.-G. Szuman**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Plusieurs expérimentateurs ont déjà signalé que la castration entraîne une forte diminution du métabolisme chez différents animaux, comme chez l'homme. C. Heymans, notamment, opérant sur le Chapon, a constaté que le besoin d'aliments était ici diminué de 20 à 30 pour 100, et les échanges respiratoires de 15 pour 100 en moyenne; en outre, le même auteur a établi que la résistance du Coq à l'inanition est inférieure à celle du Chapon [2].

Dans le but d'approfondir certains aspects de cette question, nous avons entrepris des recherches à la Station Physiologique du Collège de France, sur un matériel de Coqs normaux, Chapons et Chapons greffés, qui ont été mis à notre disposition par MM. Pézard et Caridroit. Ce matériel comprenait neuf sujets :

1° Un Coq normal de race Leghorn dorée;
2° Un Coq de race ardennaise, ayant subi l'ablation d'un testicule;
3° Deux Chapons Leghorn, porteurs de nodules testiculaires;
4° Cinq Chapons, deux de race Leghorn, deux de race ardennaise.

Chez ces sujets, nous avons recherché :

1° La quantité journalière d'excréments;
2° La quantité d'aliments ingérés;
3° La teneur en azote de la nourriture et des excréments.

Résultats. — A. *Quantité d'excréments.* — Chez les sujets en liberté, nourris à volonté, nous constatons que le poids des excréments rejetés par les chapons est régulièrement inférieur au nombre fourni par les deux coqs.

---

(1) Séance du 22 novembre 1926.

(2) C. Heymans, *Influence de la castration sur les échanges respiratoires, la nutrition et le jeûne* (*Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, **19**, 1921, p. 323-331).

En prenant comme terme de comparaison le kilogramme d'animal, nous trouvons, par jour, pour le Chapon : 21^g,8 d'excréments, et pour le Coq : 37^g,6.

B. *Ration alimentaire :* 1° *Coqs et Chapons.* — Après une observation portant sur 18 jours, la moyenne ingérée par le Coq était de 91^g et par le Chapon 42^g,3; rapportée au kilogramme de poids, nous trouvons 35^g,8 et 16^g,1. Ainsi la ration ingérée librement par le Chapon est inférieure à la moitié de celle du Coq : cette différence est plus forte que celle qui a été trouvée par Heymans.

2° *Coqs et Chapons greffés.* — Les deux sujets greffés qui ont fait l'objet de nos recherches possédaient l'allure extérieure des mâles (crête, barbillons et oreillons développés et vasculaires, instinct sexuel et ardeur combative); d'où l'on pouvait conclure que la masse testiculaire présente était supérieure au minimum efficace (0^g,4). — La détermination de la ration ingérée nous fournit pour l'un 98^g, pour l'autre 104^g, soit par kilogramme 44,7 et 40,6; en somme, nombres tout à fait comparables à ceux que fournissent les Coqs normaux, aux différences individuelles près. Les poids de tissu testiculaire observés à l'autopsie sont 1^g,5 et 1^g,4 (au lieu de 20^g en moyenne chez les sujets entiers). — De cette détermination, nous pouvons conclure que l'action du testicule sur les besoins alimentaires chez l'adulte n'est pas en rapport de proportionnalité avec la quantité de glande. Nous retrouvons ici la même relation que Pézard a mise en évidence dans son étude sur le rôle morphogène du testicule.

D'un autre point de vue, le fait que les sujets greffés présentent le métabolisme élevé du Coq sans qu'il y ait dépense de sperme, nous permet d'éliminer l'élaboration des gamètes comme facteur régulateur des échanges.

C. *Besoin d'azote.* — Dans le but de connaître le minimum de protéines nécessaire à l'entretien du Coq et à celui du Chapon, nous avons administré à nos sujets des rations déterminées dont nous connaissions la teneur en protéines (tableau de composition et dosage directs pour contrôle); d'autre part, nous dosions, par le procédé Kjehldal-Ronchèse, l'azote total des excréments. Au début, les sujets recevaient la ration ordinaire : maïs, avoine, herbes. Dans la suite et pour diminuer l'apport de protéines, nous avons peu à peu et progressivement substitué aux graines relativement riches en protéines, des pommes de terre, très pauvres en substances azotées; au besoin, l'animal était gavé de façon qu'il pût couvrir ses besoins calorifiques.

Quand l'animal ingère exclusivement des pommes de terre, l'excrétion

azotée demeure à peu près égale à la quantité d'azote de la ration et sans qu'il y eût véritablement perte de poids. Dans ces conditions, nous devons admettre que nous n'avons pas encore atteint le minimum de protéines, ni chez le Coq, ni chez le Chapon. Ce minimum doit donc être inférieur à la proportion réduite que renferme la pomme de terre. Néanmoins, il y a lieu de signaler un fait intéressant : la diminution des protéines a entraîné, chez le sujet entier, une forte diminution, presque la disparition de l'instinct sexuel; ce fait doit être rapproché des phénomènes de castration dite « alimentaire » qui ont été signalés par Pézard et Champy. En la circonstance, on ne peut attribuer à l'avitaminose la différence sexuelle, car le sujet recevait des tranches de carottes crues, destinées à couvrir le besoin de vitamines.

Conclusion. — 1° La castration totale influe sur les besoins d'entretien du Coq adulte et les diminue de 50 pour 100.

2° Chez les Coqs castrés incomplètement et chez les Chapons porteurs de greffes, le métabolisme se maintient à son taux élevé, sans qu'il y eût proportionnalité entre le degré du métabolisme et la quantité de glande.

3° Nos recherches préliminaires, portant sur le minimum d'albumine, prouvent que la proportion exigée par le Coq et le Chapon est encore inférieure à celle que renferment les pommes de terre.

PHYSIOLOGIE. — *Variations comparatives de la teneur des surrénales en eau, acides gras et cholestérol, chez le Cobaye normal et chez le Cobaye soumis à un régime déséquilibré par absence de vitamine antiscorbutique.* Note de Mme **L. Randoin** et Mlle **A. Michaux**, présentée par M. F. Henneguy.

Les surrénales du Cobaye, qui pèsent en moyenne $0^g,5$ chez les adultes normaux, s'hypertrophient généralement durant le scorbut aigu. Leur examen macroscopique et microscopique, à la mort des animaux scorbutiques, indique qu'elles ont subi d'importantes altérations. Connaissant la richesse toute spéciale des surrénales en lipides, nous avons étudié les variations que présentent ces glandes, *au cours du scorbut*, au point de vue de leur teneur en acides gras totaux, en cholestérol et en eau. Ainsi avons-nous pu ensuite calculer les variations du coefficient lipocytique $\left(\frac{\text{cholestérol}}{\text{acides gras}} \times 100\right)$, ce rapport, d'après les travaux de A. Mayer et

G. Schaeffer [1], représentant, à l'état normal, une constante caractéristique d'un tissu donné.

Des chiffres relatifs au cholestérol ont été publiés par Mouriquand et Leulier [2], en 1925 : de 8 pour 100 du poids frais des surrénales (Cobayes normaux), la teneur en cholestérol descendrait jusqu'à 3,51 pour 100 et même 2,71 (résultats obtenus avec 10 Cobayes scorbutiques).

Technique. — Nos recherches ont été faites, d'une manière comparative, avec 162 Cobayes de même sexe (mâle) et sensiblement de même poids (450 à 550^{g}), répartis en trois lots :

A. 18 Cobayes ont reçu une nourriture naturelle (mélange, à parties égales, de choux, carottes, pommes de terre, son).

B. 72 Cobayes ont reçu un régime artificiel complet et équilibré [3].

C. 72 Cobayes ont reçu le même régime, *uniquement dépourvu de vitamine C.*

Selon notre méthode habituelle, nous avons pratiqué les dosages régulièrement, au cours de la maladie, du 1er jour à la mort, laquelle se produit, d'une manière constante, au bout d'un mois environ (du 28e au 32e jour). Dans chacun des lots, nous sacrifiions trois Cobayes pour déterminer la teneur de leurs surrénales en *eau*, en *acides gras* (méthode de Kumagawa-Suto avec quelques modifications) et en *cholestérol* (méthode de Windaus).

Les quantités obtenues sont donc déjà des moyennes; et, comme nous avons partagé la durée de la maladie en six périodes, les chiffres figurant sur le tableau représentent des moyennes pour 12 individus.

Résultats et conclusions. — I. Chez le Cobaye adulte normal, les surrénales renferment, en moyenne, de 5^{g},90 de cholestérol pour 100^{g} d'organe frais (régime naturel) à 5,07 pour 100 (régime artificiel complet); elles contiennent de 8^{g},87 à 8^{g},83 d'acides gras et de 68^{g},9 à 68^{g},4 d'eau pour 100^{g}.

II. Lorsque l'animal ne reçoit pas de vitamine antiscorbutique, le taux du cholestérol subit une baisse au début, puis à la fin de la maladie, où il n'est plus que de 2,63-2,78 pour 100, ce dernier résultat se trouvant en accord avec celui de Mouriquand et Leulier.

---

(1) A. Mayer et G. Schaeffer, *Journ. de Physiol. et de Pathol. gén.*, 15, 1913, p. 510, 534, 775.

(2) Mouriquand et Leulier, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 434.

(3) C'est le régime que nous employons dans toutes nos expériences relatives au scorbut. Pour la composition et la préparation de ce régime, voir : Mme L. Randoin, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 5, 1923, p. 806, et Mme L. Randoin et Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1063.

III. La teneur en acides gras diminuerait également au début, puis deviendrait ensuite normale et même quelque peu supérieure à la moyenne obtenue avec l'emploi du régime complet.

IV. La teneur en eau présente, dans toutes les conditions expérimentales réalisées, une constance remarquable.

V. Il s'ensuit que le coefficient lipocytique diminue, au cours du scorbut aigu, dans de fortes proportions, surtout à partir du 20e jour (voir le tableau).

	Pour 100g (*poids frais*) de surrénales.			Pour 100g (*poids sec*) de surrénales.		
	Cholestérol.	Acides gras.	Eau.	Cholestérol.	Acides gras.	Coefficient lipocytique.
			Régime naturel.			
Moyennes générales...	5g,90	8g,87	68g,9	18g,9	28g,5	66,0
			Régime artificiel complet.			
1er au 5e jour.....	4,58	9,01	67,6	14,14	27,50	51,4
6e au 10e jour.....	4,70	9,56	69,1	15,21	30,93	49,2
11e au 15e jour.....	4,97	8,37	70,8	17,02	28,66	59,4
16e au 20e jour.....	4,73	9,21	67,2	14,42	28,07	51,3
21e au 25e jour.....	6,50	8,25	68,1	20,37	25,86	78,8
26e au 32e jour.....	4,94	8,58	67,4	15,15	26,32	57,6
Moyennes générales...	5,07	8,83	68,4	16,1	27,8	58,0
			Régime artificiel privé de facteur C.			
1er au 5e jour.....	4,38	7,79	68,5	13.90	24,73	56,2
6e au 10e jour.....	3,13	7,17	67,2	9,54	21,85	43,6
11e au 15e jour.....	4,17	7,38	69,3	13,58	24,03	56,5
16e au 20e jour.....	4,08	9,35	66,3	12,11	27,74	43,6
21e au 25e jour.....	2,63	9,05	68,9	8,46	29,09	29,1
26e au 32e jour.....	2,78	9,13	68,2	8,74	28,71	30,4
Moyennes générales...	3,53	8,31	68,1	11,1	26,0	43,0

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Étude histophysiologique de nodules testiculaires de régénération, chez le Coq domestique.* Note [1] de M. **J. Benoit**, présentée par M. Widal.

Les recherches entreprises pour déterminer le lieu d'origine de l'hormone testiculaire se heurte chez les Oiseaux à de sérieuses difficultés. Certains éléments du testicule, les cellules interstitielles glandulaires, sont très fragiles, et leur bonne conservation nécessite des soins techniques particuliers. En outre, et surtout, on n'a pas encore réussi à observer ni à réaliser chez les Oiseaux les dissociations spermato- et sertoli-diastématiques que l'on a pu mettre en évidence chez quelques Mammifères. Des recherches entreprises au cours de ces dernières années, sur le Coq domestique, m'ont permis cependant d'obtenir quelques faits intéressants susceptibles d'apporter des précisions à l'étude du problème qui nous occupe. Les faits que j'expose dans cette Communication concernent des nodules testiculaires régénérés après ablation plus ou moins complète des glandes génitales, chez de jeunes Poulets. Je grouperai sous quatre chefs les résultats principaux que j'ai pu dégager de l'étude histophysiologique d'une trentaine de sujets opérés :

1° Au cours de leur régénération aux dépens de minimes fragments de testicule épargnés par une castration incomplète, les nodules peuvent se dépeupler entièrement de leurs éléments séminaux. Ils continuent cependant à exercer leur action conditionnante sur les caractères sexuels. Témoin le Coq Leghorn doré D 7 qui, castré incomplètement à 18 jours, et tué à 1 an, possédait un nodule testiculaire de $0^g,705$, entièrement dépourvu de cellules séminales, et formé seulement de tubes réduits au syncytium sertolien et de cellules interstitielles glandulaires. Les caractères sexuels du sujet étaient bien développés (sa crête mesurait 75×143^{mm}), et il possédait l'instinct sexuel et le chant. Par conséquent l'hormone sexuelle continue à être élaborée par le parenchyme testiculaire en l'absence totale des cellules séminales [2]. Elle provient donc ou du syncytium sertolien, ou des cellules interstitielles glandulaires, ou du couplage physiologique de ces deux éléments.

---

(1) Séance du 22 novembre 1926.

(2) La stérilisation des testicules par les rayons X m'avait déjà conduit à établir cette notion (*C. R. Soc. Biol.*, **90**, 1924, p. 802).

2° Dans tous les nodules actifs étudiés j'ai noté la présence, au minimum, des deux sortes d'éléments susnommés, sertoliens et interstitiels.

3° J'ai observé dans un certain nombre de nodules testiculaires la formation aux dépens des cellules sertoliennes des tubes ou des petites cellules épithéliales de tubes plus jeunes, de nouvelles cellules interstitielles glandulaires. Ce processus s'effectue d'une manière analogue à celui qui a été décrit dans le testicule embryonnaire (Nonidez, Benoit). J'en donnerai ailleurs une description détaillée, et je me contente ici d'affirmer la réalité de cette transformation intéressante. Le tissu interstitiel peut ainsi dans certains cas présenter une hypertrophie réelle.

4° Trois cas aberrants méritent une attention particulière. Trois Coqs Leghorn dorés D 20, D 149, D 92 avaient été castrés bilatéralement (l'ablation des testicules m'avait paru complète) respectivement à l'âge de 20 jours, 3 mois, et 4 mois 24 jours. Ils furent tués au bout de 3 ans environ. A aucun moment leur crête, qui après l'opération était devenue petite, sèche et farineuse, ne présenta le moindre développement conditionné. Je trouvai cependant, à l'autopsie, au niveau de l'emplacement normal des testicules, des nodules de régénération assez volumineux : ils pesaient respectivement $0^g,23$, $0^g,3$ et $0^g,725$.

Bien que l'étude de ces nodules présente du point de vue histologique un réel intérêt, je ne commenterai ici, faute de place, que le cas le plus démonstratif en raison de la grosseur de ses nodules, de D 92. Il est étonnant de noter qu'en présence d'une masse testiculaire aussi développée ($0^g,725$), la crête, caractère sexuel très sensible, n'ait aucunement réagi.

Si l'on calcule le rapport de la masse de ces nodules à celle du corps, on obtient le chiffre de $\frac{1}{4200}$. Or, j'ai étudié jusqu'à ce jour les cas de 12 Coqs expérimentés chez lesquels le rapport de masse des nodules à l'organisme total était inférieur à celui de D 92 (ces rapports sont, par exemple, $\frac{1}{10000}$, $\frac{1}{15000}$, $\frac{1}{20000}$ et même $\frac{1}{46500}$), et où ces nodules exerçaient une action hormonique plus ou moins prononcée sur la crête. Les nodules de D 92 ont donc une masse largement suffisante pour conditionner un développement de la crête. Quelle peut bien être la cause de leur insuffisance hormonique? L'examen histologique nous montre qu'ils contiennent des tubes sexuels aspermatogènes [1], de type jeune ou de type sertolien adulte. La structure

---

[1] L'absence des cellules séminales ne saurait retenir notre attention. Je citerai le cas d'un Coq dont les testicules, entièrement aspermatogènes, étaient beaucoup plus petits que les nodules de D 92 (rapport au poids du corps : $\frac{1}{10000}$ environ); or, ces testicules conditionnaient nettement la croissance de la crête.

de ces tubes ne présente rien d'anormal : on observe des mitoses dans les tubes du type embryonnaire; dans les autres tubes, le syncytium sertolien est très développé. En revanche, on est immédiatement frappé en examinant les espaces intertubulaires par une *hypoplasie très prononcée* du tissu interstitiel glandulaire. Dans toute l'étendue des nodules, je n'ai trouvé qu'un nombre extrêmement faible de cellules interstitielles normales.

Cette hypoplasie interstitielle, le seul fait histologique vraiment anormal qui ait pu être relevé dans les nodules de D 92, est très vraisemblablement en rapport avec la déficience hormonique de ces nodules. Et elle suggère, en ce qui concerne la question de l'origine précise de l'hormone testiculaire, les deux hypothèses suivantes : ou bien les cellules interstitielles sont seules, les éléments élaborateurs de l'hormone testiculaire; ou bien l'hormone est sécrétée par le complexe sertoli-interstitiel, les cellules interstitielles constituant un élément indispensable de ce couple physiologique. Il n'est pas actuellement possible de faire un choix entre ces deux hypothèses. Mais quelle que soit celle qui sera reconnue vraie, il est incontestable dès maintenant, étant donnés les faits ici consignés, que les cellules interstitielles jouent un rôle de premier ordre dans l'élaboration de l'hormone.

BIOLOGIE. — *La résistance des jeunes* Gryphæa angulata *à la chaleur et leur mortalité exceptionnelle en* 1926. Note de M. **Gilbert Ranson**, présentée par M. Louis Joubin.

On sait qu'en 1920-1921 une mortalité exceptionnelle a frappé l'*Ostrea edulis*. On n'en connaît pas les causes qui ont été cependant activement recherchées, surtout par les Anglais.

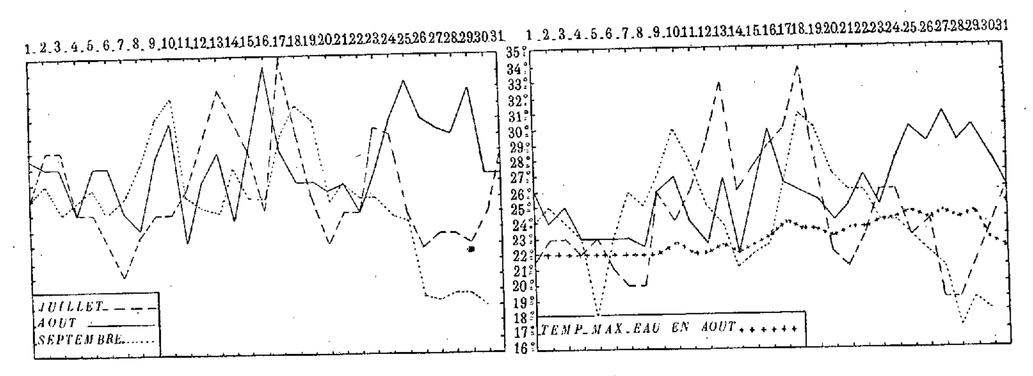
Depuis, quelques ostréiculteurs de la région de Marennes en élèvent de petites quantités dans leurs claires. Les parcs de la côte et la plus grande partie des claires sont maintenant remplis de *Gryphæa angulata* (portugaises).

Pendant cette période, la consommation des Huîtres a augmenté d'une façon extraordinaire en France, à tel point que le bassin d'Arcachon qui était avant tout un centre producteur de naissain pour la région de Marennes est devenu un centre d'expédition pour la consommation. Le naissain est élevé sur place pour être expédié.

La région de La Rochelle-Chatelaillon-Fouras est un autre centre de production de naissain pour Marennes. Là, rien n'a été fait pour déve-

lopper la production, en augmentant, par exemple, les surfaces de fixation.

L'augmentation de la consommation et l'impossibilité de trouver des petites Huîtres pour l'élevage ont provoqué une crise que les ostréiculteurs de Marennes ont voulu conjurer en développant les moyens de récolte du naissain. C'est cette année que les plus gros efforts ont été accomplis.



Des centaines de mille de tuiles ordinaires, des dizaines de kilomètres de coquilles d'Huîtres enfilées, ont été déposés dans les régions où le courant porte les larves, particulièrement sur la côte sud-est de l'île d'Oléron et près de Brouage.

Le travail le plus remarquable, c'est la véritable forêt artificielle qui s'étend sur 6^{km} de long, de l'embouchure de la Charente au Chapus et sur 600^{m} environ de large, constituée par des millions de tiges de châtaignier et de noisetier plantées dans l'argile, à quelques centimètres les unes des autres. Ce travail a été particulièrement difficile parce que dans cette région de Brouage la vase est si molle qu'un homme s'y enfonce jusqu'à mi-corps.

Cette opération a réalisé une vaste expérience biologique. Voici les premières observations qu'elle m'a permis de faire cette année.

L'été dernier a été particulièrement sec, en comparaison des années précédentes. On verra par les graphiques reproduits ci-dessus que les mois de juillet, août et septembre ont été très chauds. On trouve pour la température maxima extrême respectivement : 35°, 34°,5 et 32°,5.

On a constaté, sur l'ensemble des collecteurs dont je viens de parler, des fixations successives assez abondantes de larves d'Huîtres portugaises : une et peut-être deux en juillet, deux en août et au moins une en septembre. Je ne peux malheureusement pas fixer les dates précises de la fixation. J. H. Orton a noté une relation entre l'émission des œufs par l'*Ostrea edulis*

puis la fixation des larves et les phases de la Lune. Il serait évidemment intéressant de faire des observations à ce sujet avec *Gryphæa angulata*.

Les huîtres fixées en juillet et au début du mois d'août avaient de 5 à 10^{mm} à la fin d'août. On a constaté alors qu'une mortalité extraordinaire venait de les frapper. Les deux tiers au moins avaient péri. La forte chaleur en est la cause, cela ne fait aucun doute.

Examinons en effet l'annuaire des marées et la courbe des températures du mois d'août. Nous avons du 24 au 27 des coefficients de 105, 111, 110, 102 et des températures correspondantes de 31°, 33°,5, 31°, 30°,5. Ces coefficients, parmi les plus élevés de l'année, nous indiquent que ces jours-là, les jeunes Huîtres de un à deux mois, fixées sur des collecteurs déposés près des côtes, sont restées hors de l'eau un temps relativement long; exposées au soleil, à une température particulièrement forte, elles ont souffert. On sait d'autre part que les vases de ces fonds longuement exposées à une telle chaleur s'échauffent et que la première eau du flux atteint presque la température extérieure. Or l'huître s'ouvre dès que cette eau la couvre et d'autant plus rapidement qu'elle a été plus longtemps hors de l'eau.

La longue exposition à l'air par une forte température suivie de l'action de l'eau surchauffée, telles sont les deux causes qui ont entraîné la mort d'un nombre considérable de jeunes Huîtres.

D'une façon générale les collecteurs des zones les plus basses présentent moins de mortalité. D'autre part, le 16 août nous avons bien une température de 34°,5 mais un coefficient de marée de 53, c'est-à-dire un court séjour des Huîtres hors de l'eau. On n'a pas constaté, à cette date, d'Huîtres atteintes. Ces deux faits indiquent nettement l'action de l'exposition prolongée à l'air.

Dans les zones hautes, des Huîtres sous les tuiles, à l'ombre, sont mortes comme celles du dessus, ce qui montre l'action de l'eau surchauffée.

Fort heureusement pour les ostréiculteurs, il y a eu une fixation en septembre par suite des conditions toujours favorables. Elle est cependant loin de compenser la perte subie.

Dans le bassin d'Arcachon, on a constaté la même mortalité. Je ne sais pas exactement quand a eu lieu le phénomène, mais de l'examen des courbes ci-dessus il semble que ce soit à la même date.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'huile de* Mesoplodon bidens. Note de MM. **Émile André** et **Henri Canal**, présentée par M. Charles Moureu.

Le *Mesoplodon bidens*, cétacé zyphioïde de la région nord-atlantique, est un animal fort rare. Depuis 1800, époque à laquelle il fut décrit pour la première fois par le naturaliste anglais Sowerby, il n'en a été capturé que 28 individus. Celui dont nous avons étudié l'huile s'était échoué le 29 novembre 1908 à Saint-Vaast-la-Hougue et sa description anatomique fit l'objet d'une Note de M. Anthony (¹). Une petite quantité d'huile retirée du lard de cet animal avait été conservée depuis cette époque au laboratoire d'Anatomie comparée du Muséum, où elle nous fut remise il y a quelques mois. A notre grande surprise cette huile s'était fort bien conservée; elle ne présentait aucune odeur de graisse rance et son acidité était très faible. Un dépôt pailleté, brillant, assez abondant, s'y était formé; nous l'avons chauffée doucement pour la rendre homogène et nous en avons déterminé les principaux caractères physiques et chimiques : Densité $d_{0°}^{15°}$, 0,8694; indice de réfraction $n_D^{15°}$, 1,4650; pouvoir rotatoire $\alpha_D = -0°51'$; indice de saponification, 103,4; indice d'iode (Hanus), 81,5.

Par la saponification cette huile nous a fourni : acides gras, 51 pour 100; matières insaponifiables, 49 pour 100. Les eaux résiduaires contenaient une petite quantité de glycérine correspondant à 0,70 pour 100 du poids de l'huile.

Étude des matières insaponifiables. — A l'état brut elles sont solides et fondent à 20-25°; leur indice d'iode (Hanus) est de 83,35 et leur indice d'acétyle (E. André) de 184. Par cristallisation fractionnée dans l'acétone, nous en avons retiré : 1° un alcool saturé solide, fondant à 49°, qui a été identifié avec l'alcool cétylique par l'indice de saponification de son acétate et par le point de fusion de sa phényluréthane (73°); 2° un alcool non saturé liquide dont la quantité représente 74 pour 100 des matières insaponifiables totales; il a été facilement caractérisé comme étant de l'alcool oléylique. Ses principales propriétés sont les suivantes : Densité $d_{0°}^{20°}$, 0,8484 (0,8489); indice de réfraction, $n_D^{20°} = 1,4600$ (1,4607); indice d'iode (Hanus), 90,0 (94,0); indice de saponification de l'éther acétique, 180,3 (180,6).

(¹) *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 461.

A la suite des résultats de nos déterminations, nous avons fait figurer les données correspondantes déterminées antérieurement par Toyama sur l'alcool oléylique extrait de l'huile de Cachalot ([1]). La phényluréthane oléylique que nous avons préparée est un corps cristallisé blanc de consistance un peu molle fondant à 37°, chiffre conforme aux indications de Bouveault et Blanc ([2]).

Étude des acides gras. — Ils sont liquides à la température ordinaire et possèdent une odeur forte de cuir récemment tanné; leur indice d'iode (Hanus) est de 83,5 et leur indice de saponification de 184,5. Malgré leur odeur ils ne contiennent pas d'acides volatils solubles; nous y avons recherché également les acides gras fortement non saturés qui caractérisent la plupart des huiles d'animaux marins (série clupanodonique) sans réussir à en déceler la présence; nous avons employé pour cela la méthode de Tsujimoto modifiée par Toyama; elle repose sur la plus grande solubilité des sels de sodium de ces acides dans l'acétone aqueuse ([3]).

Pour étudier ces acides gras d'une façon plus complète, nous les avons transformés en éthers méthyliques qui ont été soumis à la distillation fractionnée sous très basse pression; ils ont distillé entre 90° et 200° sous 2^{mm}. Les fractions recueillies de 5 en 5 ou de 10 en 10°, suivant leur importance, furent elles-mêmes redistillées en groupant celles qui avaient des indices d'iode et des indices de saponification voisins. Les acides gras régénérés de chaque fraction furent ensuite transformés en sels de lithium ou en sels de plomb, suivant les cas, pour séparer les acides solides des acides liquides d'après la solubilité de leurs sels dans l'éther ou l'alcool.

Une série d'opérations assez laborieuses nous a permis de reconnaître qu'il existe dans les portions de tête un acide gras de faible poids moléculaire, d'odeur forte et désagréable, fondant à 4°. Son poids moléculaire, déterminé par l'indice de neutralisation, est de 170; ses propriétés correspondraient à celles d'un acide isopélargonique $C^9H^{18}O^2$, son odeur forte et son bas point de fusion laissent penser en effet qu'il n'est pas un acide à chaîne normale, mais probablement un homologue supérieur de l'acide phocénique. A notre connaissance aucun produit semblable n'avait encore été rencontré dans les corps gras animaux ou végétaux. L'huile de *Mesoplodon* contient environ 1 pour 100 de cet acide, malheureusement la pénurie de

---

([1]) *Chemische Umschau*, **31**, 1924, p. 13-14.
([2]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **31**, 1904, p. 1210.
([3]) *Chemische Umschau*, **32**, 1925, p. 204.

matière première ne nous a pas permis d'en compléter l'étude. En fait d'autres acides saturés, nous n'avons trouvé que de l'acide stéarique et de l'acide palmitique, en faible quantité d'ailleurs.

Les acides non saturés sont à peu près exclusivement des acides mono-éthyléniques (série oléique). L'acide physétoléique paraît absent ou n'existe qu'en quantité très faible; les acides oléique $C^{18}H^{34}O^2$, gadoléique $C^{20}H^{38}O^2$ et érucique $C^{22}H^{42}O^2$, déjà rencontrés groupés en série dans les huiles de foie de gadidés, sont les principaux constituants du mélange et parmi eux l'acide oléique domine.

En résumé, l'huile de *Mesoplodon bidens* se rapproche beaucoup de l'huile de Cachalot et de l'huile d'*Hyperoodon rostratus;* l'oléate d'oléyle paraît en être le constituant principal. Il convient d'insister sur le caractère très spécial des huiles de *Physeteridæ* et de *Zyphioïdæ* qui sont bien plus des cires que des graisses. Les huiles de Cachalot, d'*Hyperoodon rostratus* et de *Mesoplodon bidens* forment un groupe chimique homogène dont la composition constitue un caractère physiologique très net de ces survivants attardés d'une faune aujourd'hui disparue; ce caractère s'ajoute à ceux qui les différencient déjà des autres Cétacés.

MICROBIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur les conditions qui permettent la coopération entre les bactéries fixatrices d'azote et le maïs.* Note [1] de MM. **Georges Truffaut** et **N. Bezssonoff**, présentée par M. G. André.

En 1924, nous avons constaté que des Maïs se développent normalement en n'utilisant d'autre nourriture azotée que celle fournie par l'activité des bactéries fixatrices d'azote, qui vivent aux dépens de leurs excrétions radiculaires. L'ensemble de nos recherches (1924, 1925, 1926) montre la complexité des facteurs qui régissent le phénomène et permet actuellement de distinguer les principaux d'entre eux. En 1924 [2] nous avons utilisé les appareils pour culture aseptique de Schulow, en les adaptant à la culture en milieu solide (Sable de Fontainebleau calciné) dosant 28^{mg} Fe par kilogramme. La luminosité fut excellente en 1924. L'inoculation des deux appareils par un mélange de *Clostridium Pastorianum, Azotobacter chrooc.*,

---

[1] Séance du 15 novembre 1926.

[2] Truffaut et Bezssonoff, *C. R. Soc. Biol.*, 91, 1924, p. 1077; *Science du sol*, 4, 1925, p. 3.

Azotobacter Vinelandii et *Bacillus Truffauti* fut suivie d'un développement remarquable des deux Maïs : $40^g,2$ et $19^g,6$ de matière sèche (à 110°). Le gain en azote des deux appareils fut de 585 et 222^{mg}. En 1925 [1], nous remplaçâmes le dispositif de Schulow, caractérisé par un vase de culture profond, par un cristallisoir en Pyrex fermé par un couvercle en aluminium. Le sable calciné dosait 18^{mg} Fe par kilogramme. La luminosité fut faible en 1925. Les cultures de Maïs furent inoculées avec chacun des fixateurs d'azote pris séparément. Deux appareils furent réinoculés vingt jours après par le mélange des quatre fixateurs. Le développement de ces derniers, bien que meilleur que celui des autres, resta toutefois insignifiant. Matière, séchée à 110°, $2^g,9$ et $2^g,8$; les trois témoins donnèrent $1^g,1$, $1^g,4$ et $1^g,4$. La fixation d'azote des inoculés atteignit néanmoins 81 et 82^{mg} par appareil.

Un des trois appareils témoins fut infecté et gagna 75^{mg} d'azote. En 1926, on utilisa les appareils de 1925. Il y eut une belle luminosité. On utilisa des sables calcinés dosant respectivement : Fe 670^{mg} et 1440^{mg} par kilogramme. Cinq Maïs furent cultivés dans le sable légèrement ferrugineux et six dans le sable plus ferrugineux. Ils furent inoculés simultanément avec le mélange des quatre fixateurs (*Cl. Past.*, *A. agile*, *A. Vinelandii* et *B. Truffauti*). Dans chacune des séries, deux plantes réagirent à l'inoculation par un développement comparable à celui obtenu en 1924. Pendant quatre jours (du 13 au 18 juillet 1926), la température dans la serre de culture s'étant approchée de 45°, le développement des Maïs s'arrêta et ils fleurirent prématurément. L'effet positif de l'inoculation fut cependant net :

	Dosant 670^{mg} Fe par kg.			Dosant $1^g,44$ Fe par kg.		
Sable de Fontainebleau.	Inoc. 1.	Inoc. 2.	Témoin.	Inoc. 3.	Inoc. 4.	Infecté par *B. Truffauti*.
Récolte de matière sèche en grammes.	13	4,1	1,5	5	4	5
Azote dans la plante en milligrammes..	69,7	20,1	8,9	25,8	18,5	18,7
Gain total en azote dans l'appareil en milligrammes....	72	26,5	1,6	36,3	45,2	9,1
Hauteur maxima de la tige en centim..	73	59	35	73	38	53

On constata la présence constante du *Clostridium Past.* dans les quatre appareils inoculés, celle du *B. Truffauti* dans le premier, celle de l'*A. agile*

[1] Truffaut et Bezssonoff, *Science du sol*, 5, 1926, p. 3.

dans le premier et le troisième. Fait curieux, un des témoins fut infecté tardivement par une variété de *B. Truffauti* formant une culture pure. Ce fut le seul cas constaté d'une influence nettement positive exercée sur le développement du Maïs par un fixateur isolé.

Conclusions. — Pour réussir la culture des Maïs dans un milieu solide dépourvu d'azote, il faut disposer au moins de six appareils Schulow modifiés (¹), les inoculer après germination des graines simultanément par *Clostridium Past.*, *Bac. Truffauti*, *Az. agile* et *Vinel.* Une bonne luminosité, ainsi que la présence dans le sable employé d'une quantité de fer ne dépassant pas 600^{mg} par kilogramme, semblent indispensables. Nos résultats montrent les grandes variations de la virulence des fixateurs d'azote dans leur effet sur les plantes. Ils permettent ainsi d'envisager une étude rigoureuse des conditions de cette virulence et la création de races virulentes. En même temps, les constatations expérimentales auxquelles nous a conduit la précédente méthode font entrevoir les prémices d'applications nouvelles en bactériologie agricole annoncés par les découvertes de Beijerinck et de Winogradsky.

La séance est levée à 16^h.

E. P.

(¹) *Science du sol*, 4, 1925, p. 28, et 5, 1926, p. 3.

ERRATA.

(Séance du 26 juillet 1926.)

Note de MM. *V. Ipatief* et *B. Dolgof*, Hydrogénation du triphénylcarbinol et du phénylfluorènecarbinol sous pression :

Page 305, dans le tableau *Analyse*, *au lieu de* $d_0^{50} = 0{,}9413$ et $n_D^{50} = 1{,}4919$, *lire* $d_0^{50} = 0{,}9282$ et $n_D^{50} = 1{,}4985$.

(Séance du 15 novembre 1926.)

Note de M. *Maurice Lecat*, Sur l'azéotropisme, particulièrement des systèmes binaires à constituants chimiquement voisins :

Page 881, ligne 7, *au lieu de* [67], *lire* [6]; ligne 27, *au lieu de* marqués † dans la table, *lire* [26-28]; ligne 1 de la note (1), *au lieu de* 19°,15, *lire* 19°,85.
Page 882, dans [13], *au lieu de* Méthylcyclohex., *lire* Méthylcyclohexane.

(Séance du 22 novembre 1926.)

Nominations :

Page 939, ligne 6, *au lieu de* LOUIS BAZY, *lire* PIERRE BAZY.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 DÉCEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

Par 48 suffrages contre 1 à M. *Lecornu*, M. **M. Hamy** est élu Vice-Président pour l'année 1927.

Par 45 suffrages et 1 bulletin blanc, MM. **P. Appell** et **L. Guignard** sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** rappelle à l'Académie que la séance publique annuelle aura lieu le lundi 13 décembre.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la méthode de Delaunay.* Note de M. **H. Andoyer.**

Je me reporte à ma précédente Note sur le même sujet (1).

I. En se plaçant dans les conditions réelles de l'application de la méthode de Delaunay à la théorie de la Lune, on doit imaginer trois couples de

(1) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 993.

variables (A, g), (B, h), (C, l), A et B étant de petites quantités du même ordre, tandis que C est une quantité finie; et l'on doit encore supposer que le coefficient principal S_1 est de la forme $A^{p'}B^{q'}U$, la fonction U étant une série entière par rapport à A et B, dont le terme constant n'est pas nul.

Limitons-nous au cas très général où l'on peut tolérer sur les résultats une erreur relative de l'ordre de $S_1^3 A^{-2}$, aussi bien que de $S_1^n A^{-n} (n > 3)$. La substitution finale qui permet de faire disparaître les termes $Q(e^{\varphi} + e^{-\varphi})$ de la fonction H, consiste alors, en n'écrivant que les termes types, à remplacer A, g, ... par

$$A + p[S_0 + (S_1 + \partial S_1)(e^{\varphi} + e^{-\varphi}) + S_2(e^{2\varphi} + e^{-2\varphi})],$$
$$g + (g_1 + \partial g_1)(e^{\varphi} - e^{-\varphi}) + g_2(e^{2\varphi} - e^{-2\varphi}) + g_3(e^{3\varphi} - e^{-3\varphi});$$

et l'on a ici, la fonction V étant analogue à U,

$$S_0 = 2S_1^2\left(\frac{pp'}{A} + \frac{qq'}{B} + \frac{\Delta U}{U}\right),$$
$$S_2 = \frac{1}{2}\frac{\Delta n}{n}S_1^2 = A^{2p'}B^{2q'}V,$$
$$g_1 = -\frac{\partial S_1}{\partial A} = -p'\frac{S_1}{A} - \frac{S_1}{U}\frac{\partial U}{\partial A},$$
$$g_2 = \frac{1}{2}pp'\frac{S_1^2}{A^2} - p'\frac{S_2}{A} + g_2', \qquad g_2' = -\frac{1}{2}S_1^2\frac{\partial}{\partial A}\left(\frac{\Delta U}{U}\right) - \frac{S_2}{2V}\frac{\partial V}{\partial A},$$
$$g_3 = -\frac{1}{3}p^2p'\frac{S_1^3}{A^3},$$
$$\partial S_1 = 2S_1^3\left[\frac{p^2p'(2p'-1)}{A^2} + \frac{4pqp'q'}{AB} + \frac{q^2q'(2q'-1)}{B^2}\right],$$
$$\partial g_1 = -\frac{S_1^3}{A}\left[\frac{p^2p'(2p'-1)(4p'-3)}{A^2} + \frac{2pqp'q'(8p'-3)}{AB} + \frac{4q^2p'q'(2q'-1)}{B^2}\right];$$

de plus, la fonction H doit être augmentée de

$$n(S_0 + 2S_2).$$

Pour avoir l_1, l_2, ..., on changera A en C, après avoir fait $p' = 0$.

II. On sait que l'on peut remplacer avantageusement les deux couples de variables (A, g), (B, h), par deux autres couples également canoniques d'éléments conjugués deux à deux (A', A''), (B', B''), tels que

$$A' = A^{\frac{1}{2}}e^{-g}, \qquad B' = B^{\frac{1}{2}}e^{-h},$$
$$A'' = A^{\frac{1}{2}}e^{g}, \qquad B'' = B^{\frac{1}{2}}e^{h}.$$

La substitution définie ci-dessus consiste alors à remplacer A', par exemple, par

$$A'(1 + A'_0 + A'_1 e^{\varphi} + A'_{-1} e^{-\varphi} + A'_2 e^{2\varphi} + A'_{-2} e^{-2\varphi} + \ldots),$$

et A'' par l'expression conjuguée.

On sait encore que l'on a

$$2p' = |p|, \qquad 2q' = |q|;$$

par suite, en prenant partout le signe supérieur ou inférieur, suivant que p est positif ou négatif, il vient

$$\begin{aligned}
A'_0 &= p^2\left(p' - \frac{1}{2}\right)\frac{S_1^2}{A^2} + pqq'\frac{S_1^2}{AB} + p\,\frac{S_1^2}{AU}\left(\Delta U \mp \frac{\partial U}{\partial A}\right) - \frac{S_1^2}{U^2}\left(\frac{\partial U}{\partial A}\right)^2,\\
A'_{\pm 1} &= p\,\frac{S_1}{A} \pm \frac{S_1}{U}\,\frac{\partial U}{\partial A} \pm 3p^2p'(2p'-1)^2\frac{S_1^3}{A^3} + 3p^2qq'(4p'-1)\frac{S_1^3}{A^2B}\\
&\qquad + 3pq^2q'(2q'-1)\frac{S_1^3}{AB^2},\\
A'_{\mp 1} &= \mp\frac{S_1}{U}\,\frac{\partial U}{\partial A} \mp p^2p'(2p'-1)(2p'-2)\frac{S_1^3}{A^3} - 2p^2qq'(2p'-1)\frac{S_1^3}{A^2B}\\
&\qquad - pq^2q'(2q'-1)\frac{S_1^3}{AB^2},\\
A'_{\pm 2} &= p\left(\frac{S_2}{A} \pm \frac{S_1^2}{AU}\,\frac{\partial U}{\partial A}\right) + \frac{1}{2}\,\frac{S_1^2}{U^2}\left(\frac{\partial U}{\partial A}\right)^2 \mp g'_2,\\
A'_{\mp 2} &= \frac{1}{2}\,\frac{S_1^2}{U^2}\left(\frac{\partial U}{\partial A}\right)^2 \pm g'_2.
\end{aligned}$$

Les simplifications qui se produisent dans ce calcul sont nécessaires, car, d'après la nature du problème, le coefficient de e^{sg}, dans l'expression de A', par exemple, est divisible par une puissance de A d'exposant égal à $\left|\frac{s}{2}\right|$; ce qui suffit à expliquer l'absence des coefficients $A'_{\pm 3}$.

Quelques-uns des termes écrits seront encore souvent négligeables; mais si, au contraire, on devait porter l'approximation plus loin, il serait aisé, dans chaque cas particulier, de limiter le calcul aux termes véritablement utiles, en observant les mêmes règles.

NAVIGATION. — *Lois générales, inédites, de la formation du profil vertical ondulatoire de la houle satellite d'un navire*, en marche, par mer plate. Note de M. **F.-E. Fournier**.

1. Ces lois concernent exclusivement les navires dont la *surface mouillée* Σ ne revêt aucune *partie cylindrique* et a son *maître couple au milieu de la longueur* L de son plan de flottaison.

2. Leur profil vertical ondulatoire s'y forme alors à une vitesse initiale $V = V_0$, et comprend, sur cette longueur L de son plan de flottaison, un nombre *toujours impair* $(2K+1)$ de *sommets au-dessus* de ce plan, à *partir du nombre* 7 ; et un nombre $N = 2K$ *toujours pair de creux au-dessous*, à partir donc du nombre $N_0 = 6$.

3. Le nombre pair N des *creux ondulatoires diminue* ensuite, à partir de $N_0 = 6$, suivant la relation générale inédite

$$(1) \qquad \sin\pi\left[\frac{\sqrt{(V-V_0)(W-V)}}{W-V_0}\right] = \sin\frac{\pi}{4}\sqrt{(N_0-N)(N-1)},$$

à mesure que la vitesse V du navire *augmente*, depuis sa valeur initiale V_0 jusqu'à sa valeur *critique* W, *qui met fin* à cette relation (1), ainsi que l'indique le paragraphe 4.

4. Cette vitesse critique W est celle dont la propriété caractéristique exceptionnelle est de réduire le profil vertical ondulatoire de la houle satellite du navire, *en mer plate*, à un tracé schématique ne comprenant plus, sur la longueur du plan de flottaison, qu'un *seul creux ondulatoire*, *au-dessous* de ce plan, et dont le *point le plus bas* est alors sur le contour vertical même du *maître couple*, à *distances égales* des *deux sommets extrêmes*, de manière que sa tendance, alors *maximum*, à *abaisser* la surface mouillée primitive Σ du navire s'y trouve équilibrée par les tendances, égales entre elles, de ces deux sommets extrêmes à *soulever* cette surface Σ, sans troubler l'horizontalité de son plan de flottaison.

5. Mais la relation (1) reste satisfaite à toutes les vitesses du navire comprises entre leurs deux limites V_0 et W.

Ses deux membres s'y annulent en effet ensemble : le *premier*, à la vitesse $V = V_0$; et le *second*, quand N y atteint son nombre *pair*, initial, correspondant, $N_0 = 6$.

De plus ils atteignent de même un *maximum commun* $\left(\sin\frac{\pi}{2} = 1\right)$: le

premier, à la vitesse $V_m = \frac{V_0 + W}{2}$; et le *second*, quand le nombre *pair* N des *creux ondulatoires* y atteint son *minimum*, qui est donc évidemment $N_m = 2$ et élève l'expression de ce *second membre* de la relation (1) à son maximum,

$$\sin\frac{\pi}{4}\sqrt{(6-2)(2-1)} = \left(\sin\frac{\pi}{2} = 1\right).$$

6. *Conclusion.* — Ainsi se trouvent complètement établies ces lois inédites, de la façon la plus simple et la plus générale, sans avoir recours aux données expérimentales du bassin d'essai des carènes du service technique de nos constructions navales.

BOTANIQUE. — *Nouveaux résultats expérimentaux sur la culture de l'Argouane* (Pleurotus Eryngii). Note de M. **J. Costantin.**

J'ai annoncé l'an dernier que j'avais réussi à créer expérimentalement deux stations nouvelles d'un Champignon comestible excellent appelé vulgairement l'Argouane (*Pleurotus Eryngii*), l'une en forêt de Fontainebleau, l'autre dans les Ardennes ([1]).

I. *A Fontainebleau.* On pouvait se demander si ce succès aurait un lendemain car les tentatives avaient été nombreuses dans les régions les plus diverses de la France et deux seulement avaient réussi. Je me suis attaché, en 1926, à renouveler mes essais en opérant d'après une technique précise découlant des enseignements de la campagne précédente (1924-1925).

Lorsque j'ai commencé mes premiers ensemencements à Fontainebleau (pont de Bourgogne) dans l'été de 1924, volontairement j'ai fait mon essai *sur une aire très étroite* ($1^m,50 \times 0,45^{cm}$) afin d'avoir une certitude complète, si un chapeau apparaissait, que c'était bien moi qui l'avais ensemencé, car le *Pleurotus Eryngii* n'a jamais été signalé à Fontainebleau. Or le 2 octobre 1925 j'ai récolté deux grands Champignons appartenant à cette espèce qui n'a été signalée que rarement et d'une manière sporadique au nord de la Loire ([2]). Au sud de ce fleuve, elle est souvent très prolifique.

J'ai recommencé mes semis au pont de Bourgogne, dans le voisinage de ma première station, les 23, 26, 27 et 29 mai 1926, puis le 7 juillet suivant, Ce point était favorable

---

([1]) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 447, 485.

([2]) Costantin, *Tentative d'acclimatation de l'Argouane* (Pleurotus Eryngii) *sur les* Eryngium *et d'autres Ombellifères au nord de la Loire* (*Archives du Muséum d'Hist. nat.*, 6e série, **1**, p. 73 à 128, 12 fig. et 2 pl., 1926).

à cause de l'abondance, de l'*Eryngium campestre* et aussi parce qu'il présentait des facilités pour la surveillance, car une difficulté très appréciable de ce genre d'essai réside dans le danger de laisser passer l'instant où le Champignon fructifie : l'expérimentateur devant être constamment sur le qui-vive.

Je désignerai les points ensemencés de la manière suivante :

A, à gauche, et en avant du pont en venant de la Seine (ensemencement fait en 1924 et première récolte en 1925); B, à droite en avant du pont, le long de la route de Bourgogne et d'un sentier qui s'oriente parallèlement à la voie du chemin de fer (ensemencement les 23, 26 et 27 mai 1926); en C, à droite et en avant du pont, en face de A (ensemencement le 26 mai 1926); D, après le pont et à droite (ensemencement le 27 mai 1926); E, après le pont et à gauche (ensemencement le 29 mai 1926); F, après le pont et à gauche en tournant, au début de la route Gaston-Bonnier (ensemencement le 7 juillet 1926).

La saison estivale en 1926 a été tout à fait anormale, par suite de la sécheresse extraordinaire qui a duré jusqu'au milieu d'octobre. L'automne, caractérisé d'ordinaire par l'éclosion d'innombrables Agaricinées, a été cette année d'une stérilité absolue : on ne trouvait pas un Champignon dans la forêt de Fontainebleau. Les Pleurotes n'ont naturellement pas fait exception : ceci enlevait tout espoir de voir un résultat de mon expérience de cette année.

A la fin de l'automne, très tardivement, la pluie est arrivée enfin; en général, le début de novembre arrête, par le froid, les récoltes fongiques. Il n'en a pas été ainsi cette année heureusement pour mon expérience : la température est restée assez douce en novembre [1].

Le 27 novembre 1926 *quatorze* beaux *Pleurotus Eryngii* parfaitement reconnaissables ont été récoltés sur la station. Le plus gros mesurait 10^{cm} au chapeau brun clair (c'est la taille maximum de l'espèce); le pied avait 5^{cm} de long et 2^{cm} d'épaisseur.

Les points de récolte sont intéressants à signaler : c'est seulement en A et en C que des chapeaux fongiques ont été trouvés. La production n'a donc eu lieu que sur une surface très restreinte de la partie qui avait été ensemencée. Dans le dénombrement des Champignons rapportés, on n'a pas compté les individus écrasés par les passants, les voitures et surtout par des télégraphistes qui ont enlevé intempestivement un poteau télégraphique en A, de sorte que le premier point ensemencé en 1924 est bien endommagé. On peut évaluer à environ *vingt le nombre total des Champignons produits*, c'est donc une *production locale que l'on peut qualifier de forte*.

II. *Dans les Ardennes*. A Guignicourt-sur-Vence, M. Cayasse, mon collaborateur, a récolté le 25 novembre 1926 *deux petits Pleurotes* à une place où il avait fait le 10 juillet 1926 un ensemencement à l'aide de blanc de Cham-

---

[1] Des Rosiers ont refleuri.

pignon stérilisé envoyé par moi : l'évolution a donc été rapide, mais le froid a arrêté le développement. Il est à craindre que cette station ne soit trop septentrionale, car elle est à la frontière belge et le climat est probablement un peu rude [1].

Il n'y a pas beaucoup d'espoir que la sortie des Champignons continue à une époque aussi tardive et extraordinaire que le mois de décembre, mais le fait important est d'avoir à nouveau récolté des Champignons. La technique pour réussir est maintenant connue. Il y aura à varier ultérieurement les époques d'ensemencement pour trouver le moment le plus favorable.

Le résultat obtenu à Fontainbleau, en 1926, est assez encourageant et donne beaucoup plus d'espoir que les premiers essais.

Un point très important est mis en lumière par l'ensemble des expériences de 1924-1925 et 1926 : pour réussir, il faut déposer les mises *auprès des pieds sauvages* de l'*Eryngium campestre*. Sur les pieds cultivés dans le laboratoire, j'ai toujours échoué et j'ai fait un nombre considérable d'essais.

Les constatations que je viens d'indiquer sont assez singulières. *A priori*, on ne comprend pas en quoi un pied sauvage se distingue d'un pied cultivé. On peut songer aux mycorhizes, car il en existe dans l'Ombellifère précédente. Sont-elles absolument constantes ? Je n'ai pas fait assez d'observations sur ce point pour être affirmatif. A titre d'hypothèse de travail, j'envisage que la différence précédente a peut-être un rôle.

Les germinations cultivées au laboratoire de Fontainebleau ou dans les pépinières du Muséum supportent mal le voisinage du mycélium du Pleurote. L'expérience des huit pots publiée l'an dernier, le 19 octobre, était très probante. Je l'ai répétée cette année sur dix pots et j'ai obtenu le même résultat. La saison a été cependant très différente, la levée des graines a été moins bonne, mais la proportion de jeunes plantes à racines moisies ou à rosette avortée a été environ de 10 pour 100 comme en 1925. N'ayant en aucune façon lésé les plantes précédentes, je ne pense pas qu'on doive rattacher ces altérations à du parasitisme de blessure.

Les germinations paraissent donc désarmées devant le caractère nocif du Pleurote. En octobre 1925, j'ai continué avec le dernier pot l'expérience commencée. Sur 32 germinations, il y en avait 3 malades ou mourantes.

Il s'agissait de savoir ce que deviendraient les 29 plantes qui paraissaient indemnes. Elles ont été repiquées à la fin d'octobre 1925 en pleine terre, la reprise a laissé à

---

(1) Il serait intéressant de savoir si la petite taille des chapeaux est un caractère constant, en rapport avec la limite d'extension de l'espèce. Cela pourrait être rapproché des phénomènes de nanisme que j'ai observés, antérieurement dans les Alpes, près des neiges (*Clitocybe laccata*, etc.). (COSTANTIN, *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 539.)

désirer. Le 28 mars 1926, sur les 29 plantes, 4 étaient malades; le 24 mai, il n'y avait plus que 9 rosettes. Enfin, le 7 octobre 1926, 2 pieds seulement avaient survécu avec une seule feuille verte. Tout le reste était mort.

Le caractère pathologique s'est donc fortement accusé après le repiquage.

En pleine terre, les *Eryngium campestre* cultivés résistent un peu mieux d'ordinaire, mais jamais depuis quatre ans je n'ai vu apparaître un Champignon ni au laboratoire de Biologie végétale, ni au Museum (¹).

En résumé, la récolte en une seule volée d'une vingtaine de Champignons qui a été faite à Fontainebleau, le 27 novembre 1926, époque extrêmement tardive pour cueillir des Agaricinées, sur une surface très restreinte, laisse supposer que les points ensemencés qui sont restés stériles auraient pu donner d'autres volées si le froid n'avait arrêté la production.

L'essai de 1926 apprend que l'*acclimatation* pourra se renouveler et peut-être conduire à quelque chose de pratique au point de vue du rendement. On pourrait presque parler de cultures si malheureusement la nécessité d'opérer sur pieds sauvages ne s'imposait; en tout cas une cueillette productive semble possible d'après ce qui précède; or on sait que dans le marais poitevin ce genre de récolte intéresse vivement et avec juste raison les propriétaires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration générale de l'équation aux dérivées partielles $s = f(x, y, z, q)$*. Note [2] de M. **Riquier**.

Une méthode d'intégration générale de l'équation aux dérivées partielles $s = f(x, y, z, q)$ est fournie par l'étude d'une question auxiliaire, dont la solution, dépendant de deux fonctions arbitraires d'une variable, se ramène à l'intégration d'équations différentielles ordinaires ou totales et à la résolution d'équations finies.

Dans une Note récente sur l'équation aux dérivées partielles du second ordre à deux variables indépendantes [3], nous avons formulé diverses

---

[1] En 1926, j'ai renouvelé mes essais, d'ailleurs toujours infructueux, avec les germinations suivantes (comme les années précédentes) : *Eryngium cæruleum*, *Smyrnium olusatrum*, *Daucus Gingidium*, *maximus*, *Astrantia major*, *Bupleurum falcatum*, *glaucum* et *rotundifolium*, *Ferula communis*, *Heracleum pyrenaicum*, *Chærophyllum hirsutum*, *Myrrhis odorata*, *Opopanax Chironium*, *Carum Carvi*, *Laserpitium latifolium*, *Panax* et *Siler*.

[2] Séance du 29 novembre 1926.

[3] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 695.

règles, assurant, pour des types variés de l'équation envisagée, la possibilité d'une intégration, *complète* ou *incomplète* ; l'une de ces règles [1], relative à l'intégration incomplète, s'applique, notamment, à l'équation

$$r + 2A(x, y, z, p, q)s + C(x) = 0, \tag{1}$$

qui joue un rôle essentiel dans la question suivante :

Déterminer la fonction $\mu(\alpha)$ du paramètre α et la fonction $\lambda(x, \alpha)$ par la condition que les surfaces cylindriques

$$z = \alpha y + \lambda(x, \alpha) + \mu(\alpha) \tag{2}$$

aient pour enveloppe une surface intégrale de l'équation $s = f(x, y, z, q)$.

Considérons à cet effet les fonctions z, q de x, y définies par le couple de relations

$$z = qy + \lambda(x, q) + \mu(q), \tag{3}$$

$$0 = y + \frac{\partial \lambda}{\partial q} + \mu'(q), \tag{4}$$

où les fonctions $\lambda(x, q)$, $\mu(q)$ sont quelconques, sous la seule restriction que l'équation (4) puisse être résolue par rapport à q conformément au principe général des fonctions implicites ; on tire de (3), par une différentiation relative à y,

$$\frac{\partial z}{\partial y} = q + \left[y + \frac{\partial \lambda}{\partial q} + \mu'(q)\right]\frac{\partial q}{\partial y},$$

d'où, en tenant compte de (4), $\frac{\partial z}{\partial y} = q$. Pour exprimer que les fonctions z, q définies par (3) et (4) vérifient l'équation $s = f(x, y, z, q)$, il suffit d'éliminer $\frac{\partial q}{\partial x}$ entre les deux relations

$$\frac{\partial q}{\partial x} = f(x, y, z, q), \qquad 0 = \frac{\partial^2 \lambda}{\partial q\, \partial x} + \left[\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q^2} + \mu''(q)\right]\frac{\partial q}{\partial x},$$

dont la seconde se déduit de (4) par une différentiation relative à x ; la relation résultante,

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q^2} + \frac{1}{f(x, y, z, q)}\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q\, \partial x} + \mu''(q) = 0,$$

devra, après substitution à z, q de leurs valeurs tirées de (3) et (4), être satisfaite quels que soient x et y ; ou, ce qui revient au même, elle devra,

---

[1] Proposition *C*.

après substitution à y, z de leurs valeurs tirées des mêmes équations, être satisfaite quels que soient x et q ; il vient ainsi

$$\frac{\partial^2\lambda}{\partial q^2} + \frac{1}{f\left\{x, -\left[\frac{\partial\lambda}{\partial q}+\mu'(q)\right], -q\left[\frac{\partial\lambda}{\partial q}+\mu'(q)\right]+\lambda(x,q)+\mu(q), q\right\}}\frac{\partial^2\lambda}{\partial q\,\partial x}+\mu''(q)=0.$$

Si, dans cette dernière relation, on suppose connue la fonction $\mu(q)$, elle devient $\left(\text{le coefficient de } \frac{\partial^2\lambda}{\partial q\,\partial x} \text{ étant lui-même une fonction connue de } q, x, \lambda, \frac{\partial\lambda}{\partial q}\right)$ une équation aux dérivées partielles,

$$(5) \qquad \frac{\partial^2\lambda}{\partial q^2} + 2\,\mathrm{G}\left(q, x, \lambda, \frac{\partial\lambda}{\partial q}\right)\frac{\partial^2\lambda}{\partial q\,\partial x}+\mu''(q)=0,$$

impliquant la fonction inconnue λ des variables indépendantes q, x. Or, l'équation (5) est de même forme que l'équation (1), où les notations

$$x, \quad y, \quad z, \quad p, \quad q, \quad r, \quad s$$

se trouveraient remplacées par les notations respectives

$$q, \quad x, \quad \lambda, \quad \frac{\partial\lambda}{\partial q}, \quad \frac{\partial\lambda}{\partial x}, \quad \frac{\partial^2\lambda}{\partial q^2}, \quad \frac{\partial^2\lambda}{\partial q\,\partial x}.$$

En conséquence :

La fonction $\mu(q)$ étant choisie arbitrairement, on pourra, en vue de l'intégration incomplète de l'équation (5), former une équation du premier ordre, impliquant, comme celle-ci, la fonction inconnue λ des variables indépendantes q, x, et dont l'équation (5) soit, au point de vue de l'intégration, une conséquence nécessaire ; cette équation du premier ordre, résoluble par rapport à $\frac{\partial\lambda}{\partial q}$, sera ensuite intégrée avec la condition initiale, arbitrairement choisie,

$$\lambda=\rho(x) \quad \text{pour} \quad q = \text{une valeur numérique donnée.}$$

La fonction résultante, $\lambda(x, q)$, qui vérifie l'équation (5), se trouvera ainsi dépendre :

1° du choix de la fonction arbitraire $\mu(q)$;

2° la fonction $\mu(q)$ étant fixée, du choix de la fonction arbitraire $\rho(x)$.

Et il en sera de même pour la fonction z des variables x, y définie, conjointement avec q, par les relations (3) et (4).

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de deux traductions de mon livre *L'Espace et le Temps*, l'une en langue anglaise et l'autre en langue russe.

Dans la traduction anglaise *Space and Time* (Blackie-Glasgow) figure un chapitre nouveau consacré à l'exposition et à la discussion de quelques recherches expérimentales et théoriques récentes. Je signale notamment l'importance des travaux de M. Cartan et de ses élèves au point de vue de la liaison entre la théorie relativiste de la gravitation et l'électromagnétisme.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Wilfrid Kilian* (1862-1925), par J. Offner.

2° *The Isolation and Crystallization of the Enzyme Urease. Preliminary Paper*, by James B. Summer.

3° *Note. The Recrystallization of Urease*, by James B. Summer.

4° *La chaîne annamitique et le plateau du Bas Laos à l'ouest de Hué*, par R. Bourret.

5° A. Boutaric. *Thermodynamique et Chimie*, d'après la deuxième édition de l'ouvrage de Pierre Duhem. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

6° Conseil international de recherches. Publications de l'Union internationale des sciences biologiques. *Comptes rendus de la 4e assemblée générale tenue à Paris les* 19 *et* 20 *mai* 1926.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Déformation des surfaces et équations de Gauss-Codazzi.* Note (1) de M. **Bertrand Gambier**.

1. Pour obtenir les surfaces représentatives d'un ds^2 donné, on peut essayer de résoudre les trois équations de Gauss-Codazzi, écrites avec les

(1) Séance du 29 novembre 1926.

symboles de Christoffel :

$$(1)\qquad \frac{\partial\delta}{\partial v}-\frac{\partial\delta'}{\partial u}-\left\{\begin{matrix}12\\1\end{matrix}\right\}\delta+\left[\left\{\begin{matrix}11\\1\end{matrix}\right\}-\left\{\begin{matrix}12\\2\end{matrix}\right\}\right]\delta'+\left\{\begin{matrix}11\\2\end{matrix}\right\}\delta''=0,$$

$$(2)\qquad \frac{\partial\delta''}{\partial u}-\frac{\partial\delta'}{\partial v}+\left\{\begin{matrix}22\\1\end{matrix}\right\}\delta+\left[\left\{\begin{matrix}22\\2\end{matrix}\right\}-\left\{\begin{matrix}12\\1\end{matrix}\right\}\right]\delta'-\left\{\begin{matrix}12\\2\end{matrix}\right\}\delta''=0,$$

$$(3)\qquad \delta\delta''-\delta'^2=(EG-F^2)K,$$

où δ, δ', δ'' sont les coefficients de la forme quadratique $-\,\mathrm{S}\,dc\,dx$, E, F, G ceux du ds^2 et K la courbure totale, exprimée en E, F, G et leurs dérivées. Cette étude n'a pas été, jusqu'ici, suffisamment faite et donne des résultats intéressants. J'ai déjà signalé ([1]) que les deux premières équations, *seules*, étant linéaires et homogènes, deux solutions *distinctes*, soit des trois équations simultanées, soit des deux premières seules, $(\delta_1, \delta'_1, \delta''_1)$ et $(\delta_2, \delta'_2, \delta''_2)$, fournissent une solution nouvelle $(\lambda\delta_1+\mu\delta_2, \lambda\delta'_1+\mu\delta'_2, \lambda\delta''_1+\mu\delta''_2)$ des deux premières seules, λ et μ étant des constantes arbitraires. Quand cette nouvelle solution, et les deux premières, satisfont à l'équation (3), j'ai montré que l'on retrouve ainsi les surfaces de Voss-Guichard, c'est-à-dire admettant un réseau géodésique conjugué. Une autre remarque de même genre consiste en ce que (E, F, G) est solution des deux premières équations seules; il est donc naturel de chercher s'il existe une surface (E, F, G, δ, δ', δ'') telle que $(E, F, G, \lambda E+\mu\delta, \lambda F+\mu\delta', \lambda G+\mu\delta'')$ donne une nouvelle surface applicable sur la première, λ et μ ayant des valeurs numériques données.

2. La solution générale est fournie par une surface S parallèle à une surface Σ *quelconque* de courbure totale constante $\frac{1}{a^2}$, la distance normale de S et Σ étant une constante *quelconque* b; la surface S_1 correspondant à S est parallèle à une surface Σ_1 de courbure totale constante $\frac{1}{b^2}$, la distance normale de S_1 et Σ_1 étant a. Σ et Σ_1 étant transformées par une homothétie sur l'une en surfaces à même courbure totale forment un couple d'Hazzidakis; les lignes de courbure se correspondent sur S, S_1, Σ et Σ_1; les asymptotiques se correspondent sur Σ et Σ_1.

Si Σ n'est pas révolutive, S ne l'est pas non plus et S_1 est la seule déformée de S où le réseau des lignes de courbure reste conjugué. Si Σ est révolutive, S et S_1 sont révolutives aussi mais S_1 n'est qu'un individu bien déterminé parmi les déformées révolutives de S.

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1312 et 1453.

Si $b = \pm a$, S et S_1 ont la même courbure moyenne constante, comme l'ont déjà montré Sophus Lie et Bonnet; ici encore il y a ∞^1 surfaces à courbure moyenne égale à celle de S, applicables sur S avec conservation des rayons principaux, mais S_1 est le seul individu pour lequel le réseau de courbure soit resté conjugué.

Ces propriétés résultent immédiatement de la troisième équation qui prend les formes équivalentes

$$\lambda^2(EG - F^2) + \lambda\mu(E\delta'' + G\delta - 2F\delta') + (\mu^2 - 1)(\delta\delta'' - \delta'^2) = 0,$$

$$\lambda^2 RR' + \lambda\mu(R + R') + \mu^2 - 1 = 0, \qquad \left(R + \frac{\mu}{\lambda}\right)\left(R' + \frac{\mu}{\lambda}\right) = \frac{1}{\lambda^2}.$$

On a donc

$$a = \frac{1}{\lambda}, \qquad b = \frac{\mu}{\lambda}.$$

La solution revient à l'équation classique dans la théorie des surfaces à courbure constante

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial v^2} + \operatorname{sh}\varphi \operatorname{ch}\varphi = 0.$$

On a ensuite, pour déterminer S et S_1 intrinsèquement,

$$E = (a \operatorname{ch}\varphi - b \operatorname{sh}\varphi)^2, \qquad F = 0, \qquad G = (a \operatorname{sh}\varphi - b \operatorname{ch}\varphi)^2,$$

$$\frac{\delta}{\operatorname{sh}\varphi} = \frac{\delta_1}{\operatorname{ch}\varphi} = a \operatorname{ch}\varphi - b \operatorname{sh}\varphi, \qquad \delta' = \delta'_1 = 0, \qquad \frac{\delta''}{\operatorname{ch}\varphi} = \frac{\delta''_1}{\operatorname{sh}\varphi} = a \operatorname{sh}\varphi - b \operatorname{ch}\varphi.$$

Les éléments linéaires de Σ et Σ_1 sont respectivement

$$a^2(\operatorname{ch}^2\varphi \, du^2 + \operatorname{sh}^2\varphi \, dv^2), \qquad b^2(\operatorname{sh}^2\varphi \, du^2 + \operatorname{ch}^2\varphi \, dv^2).$$

Les représentations sphériques de (S, Σ) d'une part, (S_1, Σ_1) de l'autre, ont pour élément linéaire

$$\operatorname{sh}^2\varphi \, du^2 + \operatorname{ch}^2\varphi \, dv^2, \qquad \operatorname{ch}^2\varphi \, du^2 + \operatorname{sh}^2\varphi \, dv^2$$

et les asymptotiques de Σ et Σ_1 ont pour équation $du^2 + dv^2 = 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les domaines correspondant aux valeurs des fonctions analytiques.* Note de M. **Paul Montel**.

Dans une Note récente, nous avons signalé une propriété des régions recouvertes par les points ayant pour affixes les valeurs d'une fonction analytique, sans nous occuper du nombre de fois que ces régions pouvaient

être recouvertes [1]. Nous obtiendrons des résultats plus complets en faisant intervenir la notion de multivalence.

On sait qu'une fonction est multivalente d'ordre p dans un domaine lorsqu'elle prend p fois au plus chacune de ses valeurs : si une fonction prend, dans l'intérieur d'un domaine, p fois une valeur déterminée, elle est multivalente d'ordre p au moins dans ce domaine.

Nous considérerons, dans la suite, des fonctions $g(z)$, holomorphes ou méromorphes dans le cercle (C) : $|z|<1$, et multivalentes d'ordre p au moins dans le cercle intérieur (C′) : $|z|\leqq\rho<1$. On peut établir la proposition suivante :

Soit (G) *une famille fermée de fonctions* $g(z)$, *holomorphes dans le cercle* (C), *multivalentes d'ordre* p *au moins dans le cercle* (C′), *ne contenant aucune fonction constante, et une suite régulière d'anneaux* (d_n). *Il existe un entier* m *tel que l'un au moins des anneaux*

$$(d_1),\quad (d_2),\quad \ldots,\quad (d_m)$$

soit couvert p *fois au moins par les points d'affixes* $g(z)$.

Nous disons qu'une région est couverte p fois au moins lorsque, Z désignant l'affixe d'un point de cette région, la fonction $g(z)-Z$ a p zéros au moins dans (C).

On peut prendre comme centre des anneaux les points ayant pour affixes les valeurs $g(z)$ des fonctions de la famille en un point z intérieur à (C), si ces valeurs sont prises au moins p fois.

Le théorème est applicable par exemple à la famille des fonctions $g(z)$ qui s'annulent p fois dans (C′) et prennent, dans ce cercle, au moins une fois la valeur *un*. On peut aussi fixer la valeur de la dérivée en un point de (C′); ainsi, la famille (G_1) des fonctions $g(z)$ définies dans le cercle (C) par le développement de Taylor

$$g(z)=z+a_2z^2+\ldots,$$

admettant dans (C′) au moins $p-1$ zéros d'affixes non nulles, possède la propriété énoncée, les anneaux ayant pour centre le point $Z=0$.

Soit encore la famille (G_p) des fonctions $g(z)$ définies dans le cercle (C) par le développement de Taylor

$$g(z)=z^p+a_{p+1}z^{p+1}+\ldots;$$

---

[1] *Sur le domaine correspondant aux valeurs d'une fonction analytique* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 940-942).

les points d'affixes $g(z)$ couvrent p fois au moins l'un des anneaux précédents dont le centre est à l'origine.

On peut supposer en particulier que les anneaux de la suite (d_n) aient une épaisseur nulle. Les points d'affixes $g(z)$ correspondant aux fonctions de la famille (G) couvrent p fois au moins l'une des m premières circonférences de la suite. Pour la famille (G_p), on retrouve une extension d'un théorème de M. Landau obtenue par M. Fekete (¹).

Si l'on considère la famille (G′) des fonctions $g(z)$ multivalentes d'ordre p au moins dans (C′), pour la valeur zéro, et prenant sur la circonférence (C′) des valeurs dont le module maximum reste supérieur à un nombre positif fixe, on obtient, en appliquant le théorème précédent, une extension d'un résultat de M. Bohr (²).

Considérons maintenant une famille fermée (G″) de fonctions $g(z)$ dont aucune n'est constante qui prennent p fois au moins dans le cercle (C′) et q fois au plus dans le cercle (C) une valeur déterminée, valeur qui peut varier avec la fonction. Les points $g(z)$ couvrent alors p fois au moins un cercle ayant pour centre une de ces valeurs. En particulier, pour la famille $(G_{p,q})$ des fonctions définies dans (C) par la série

$$g(z) = z^p + a_{p+1} z^{p+1} + \ldots$$

et s'annulant q fois au plus dans le cercle (C), il existe un tel cercle dont le centre est à l'origine. C'est un théorème dû à M. Fekete (³).

On peut étendre à la famille (G) un théorème obtenu récemment par M. Valiron. On peut aussi énoncer des propositions analogues pour des familles de fonctions méromorphes dans le cercle (C).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le Calcul différentiel absolu pour les variétés non holonomes.* Note de M. **G. Vranceanu**, présentée par M. J. Hadamard.

Je vais montrer dans cette Note comment on peut appliquer les méthodes du calcul différentiel absolu à l'étude des variétés non holonomes V_n^m, considérées dans une Note précédente (⁴).

(¹) *Zum Kœbeschen Verzerrungssatz* (*Göttinger Nachrichten*, 1926, p. 142-150).

(²) *Scripta Univ. atque Biblioth. Hierosolymitanarum*, 1, 1923, p. 1.

(³) *Loc. cit.*

(⁴) *Sur les espaces non holonomes* (*Comptes rendus*, t. **183**, 1926, p. 852-854).

On remarque en premier lieu que soit les composantes C_h (en particulier les cosinus u_h) d'un vecteur dans V_n^m, soit les coefficients de rotation de Ricci, sont des invariants vis-à-vis des changements de coordonnées [1] puisqu'ils se rapportent aux m congruences fondamentales λ, lesquelles ne changent pas.

Cette propriété subsiste pour toutes les quantités qui s'introduisent ensuite dans l'étude de V_n^m. Par conséquent il est inutile de nous préoccuper des changements des coordonnées.

Mais nous avons à considérer les changements des congruences fondamentales. En effet la V_n^m est définie soit par le m-uple donné de congruences λ, soit par un autre quelconque des m-uples orthogonaux (de la même variété linéaire).

On dit qu'un système de m^p nombres (invariants vis-à-vis des transformations de coordonnées) forme un tenseur en V_n^m si la forme

$$F = \sum_1^m C_{h_1, h_2, \ldots, h_p}, u_{h_1}, u_{h_2}, \ldots, u_{h_p}, \tag{1}$$

où les u sont des vecteurs quelconques de V_n^m, reste invariante pour tout changement des congruences. Par le fait qu'on change un m-uple orthogonal dans un autre m-uple orthogonal aussi, les systèmes covariants et les systèmes contrevariants coïncident.

Soit en particulier le produit scalaire

$$F = \sum_1^m {}_h C_h u_h \tag{2}$$

d'un vecteur C et d'un vecteur unitaire u, tous deux situés dans V_n^m. En calculant la variation de F dans le passage d'un point P à un point infiniment voisin P′ (le segment PP′ étant situé en V_n^m et ayant les composantes ds_k), avec la convention que les C_h sont à traiter comme des fonctions des coordonnées et que le vecteur u se transporte par parallélisme à liaison [formule (7) de la Note précédente], on trouve la formule

$$dF = \sum_1^m {}_{hk} \left(\frac{dC_h}{ds_k} + \sum_1^m {}_\alpha C_\alpha j_{\alpha hk} \right) u_h ds_k.$$

---

[1] Voir T. Levi-Cività, *Lezioni di Calcolo differenziale assoluto* (*raccolte dal Dott. Enrico Persico*), p. 283-287 (Roma, Stok, 1923).

Les m^2 quantités

$$(3)\qquad C_{hk} = \frac{dC_h}{ds_k} + \sum_{\alpha}^{m}{}_{1} C_\alpha j_{\alpha hk},$$

qui forment un tenseur du second ordre, représentent le tenseur dérivé du vecteur C. D'une manière analogue on peut définir le tenseur dérivé d'un tenseur quelconque.

La variation dans le transport par parallélisme à liaison d'un vecteur unitaire u, le long d'un parallélogramme infiniment petit, est donnée par la formule

$$(4)\qquad \Delta u_h = \sum_{klr}^{m}{}_{1} j_{hk,lr} u_k ds'_l ds''_r,$$

en désignant par ds' et ds'' les cotés du parallélogramme. Les coefficients $j_{hk,lr}$ sont les coefficients de Ricci à quatre indices.

En calculant la même variation pour un cycle infiniment petit quelconque, on peut arriver à la formule de Pérès pour les V_n^m

$$(5)\qquad D\alpha = \frac{D\Gamma}{\sin\alpha \sin\theta} \sum_{hklr}^{m}{}_{1} j_{hk,lr} u_h v_k u'_l u''_r,$$

où $D\Gamma$ représente l'aire du cycle, θ l'angle des vecteurs ds', ds'' et α l'angle des vecteurs u et v. En partant de la formule (5) on peut introduire la notion de courbure dans les variétés non holonomes V_n^m. La formule (5) nous dit encore que les coefficients de Ricci $j_{hk,lr}$ forment dans V_n^m un tenseur de quatrième ordre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Étude de certaines équations intégrales qui généralisent celles de Fredholm.* Note de M. **J. Delsarte**, présentée par M. Goursat.

On rencontre en hydrodynamique des équations du type

$$(1)\qquad f^2(x) = \varphi^2(x) + 2\varphi(x)\int_a^b K(x\xi_1)\varphi(\xi_1)\,d\xi_1 + \int_a^b\int_a^b K(x\xi_1\xi_2)\varphi(\xi_1)\varphi(\xi_2)\,d\xi_1\,d\xi_2 + \int_a^b D(x\xi)\varphi^2(\xi)\,d\xi;$$

$\varphi(x)$ est la fonction inconnue, le second membre est la forme homogène du

deuxième degré en $\varphi(x)$ la plus générale. La théorie qui suit s'applique sans difficulté au cas où le second membre est la forme homogène de degré n en $\varphi(x)$ la plus générale.

L'idée de la solution repose sur la remarque suivante :

Soit l'équation de Fredholm

$$(2) \quad F(xy) = \Phi(xy) + \lambda\left[\int_a^b K_1(xy\xi)\Phi(x\xi)\,d\xi + \int_a^b K_2(xy\xi)\Phi(\xi y)\,d\xi + \int_a^b\int_a^b K(xy\xi_1\xi_2)\Phi(\xi_1\xi_2)\,d\xi_1\,d\xi_2 + \int_a^b D(xy\xi)\Phi(\xi\xi)\,d\xi\right],$$

où

$$F(xy),\quad K_1(xy\xi),\quad K_2(xy\xi),\quad K(xy\xi_1\xi_2),\quad D(xy\xi)$$

se réduisent respectivement pour $x = y$ à

$$f^2(x),\quad K(x\xi),\quad K(x\xi),\quad K(x\xi_1\xi_2),\quad D(x\xi)$$

et sont de plus tellement choisis, que la solution $\Phi(xy)$ soit de la forme

$$(3) \qquad \Phi(xy) = \Phi(x)\Phi(y).$$

Il est alors bien clair, que cette fonction $\Phi(x)$ sera solution de la proposée pour la valeur λ du paramètre qu'on introduit dans (1) comme dans (2). Or connaissant seulement les noyaux de (1), il est aisé d'obtenir pour (2) la valeur de $\Phi(xx)$ sous la forme d'un développement procédant suivant les puissances de λ ; s'appuyant ensuite sur l'identité

$$[\Phi(xy)]^2 \equiv [\Phi(xx)][\Phi(yy)]$$

conséquence de (3), on obtient

$$(4) \quad \Phi(xy) = \Phi(x)\Phi(y) = f(x)f(y) + \lambda\left[\int_a^b \Gamma_1(xy\xi)f(x)f(\xi)\,d\xi + \int_a^b \Gamma_2(xy\xi)f(\xi)f(y)\,d\xi + \int_a^b\int_a^b \Gamma(xy\xi_1\xi_2)f(\xi_1)f(\xi_2)\,d\xi_1\,d\xi_2 + \int_a^b \Delta(xy\xi)f^2(\xi)\,d\xi\right],$$

où Γ_1, Γ_2, Γ, Δ sont des séries récurrentes en λ ne dépendant que des noyaux de (1) ; et pour lesquelles on obtient aisément une limite inférieure du rayon de convergence. L'analogie de cette formule avec celle qui donne la solution de l'équation (2) est frappante ; dans celle-ci figurent au lieu de Γ_1, Γ_2, Γ et Δ les noyaux résolvants γ_1, γ_2, γ et δ de l'équation (2), noyaux qui sont des fonctions méromorphes de λ.

Si donc on peut déterminer ces noyaux résolvants de Fredholm par des conditions du type

$$\int_a^b \gamma_1(xy\xi)f(\xi)\,d\xi = \int_a^b \Gamma_1(xy\xi)f(\xi)\,d\xi \tag{5}$$

jointes au fait que γ_1 est un noyau résolvant, on aura par substitution dans (4) une expression de $\Phi(x)\Phi(y)$ valable pour toutes valeurs de λ, coïncidant avec l'expression (4) pour λ assez petit; et par suite, puisqu'il s'agit de fonctions analytiques de λ, la fonction $\Phi(x)$ ainsi obtenue sera solution de la proposée quel que soit λ, sauf valeurs singulières.

La détermination de γ_1 par la condition (5) se ramène à celle du noyau $K_1(xy\xi)$ générateur de γ_1, lequel est assujetti aux conditions

$$\int_a^b K_1(xy\xi)f_i(\xi)\,d\xi = \varphi_i(xy) \qquad (i=1, 2, \ldots, ad\ inf.)$$

où les fonctions f_i et φ_i sont connues.

Cette détermination se ramène à des questions de convergences en moyenne relativement à des systèmes biorthogonaux à plusieurs variables.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le calcul différentiel absolu.* Note de M. **H. Mineur**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons un espace de Riemann (E), défini par les équations

$$\overrightarrow{dM} = \sum_i \omega_i \vec{e}_i, \qquad d\vec{e}_i = \sum_k \omega_{ik} \vec{e}_k.$$

Soient O un point de (E); $u_1, u_2, \ldots, u_n$ le système de coordonnées géodésique en O; (C) une géodésique issue de O; X_i les cosinus directeurs de la tangente à (C); $\widehat{OM} = s$ et $f(M)$ un scalaire. Affectons de l'indice o ces quantités lorsqu'elles sont relatives au point O.

Si M décrit la courbe (C), $f(M)$ est une fonction $F(s)$ de s. On a

$$\frac{d^pF}{ds^p} = \sum_{i_1\ldots i_p} \frac{\overline{\partial^p f}}{\partial\omega_{i_1}\ldots\partial\omega_{i_p}} X_{i_1}\ldots X_{i_p}.$$

Les dérivées qui figurent au second membre sont les dérivées absolues telles que les a définies M. R. Lagrange (*Thèse,* 1924). On en déduit la

formule de Taylor généralisée

$$f(\mathrm{M}) = f(\mathrm{o}) + \sum_i \left(\frac{\overline{\partial f}}{\partial \omega_i}\right)_0 u_i + \ldots + \frac{1}{p!}\left(\sum_i \left(\frac{\overline{\partial f}}{\partial \omega_i}\right)_0 u_i\right)^{((p))} + \ldots.$$

L'expression symbolique qui figure au second membre doit être calculée de la façon suivante : Soit $\left(\frac{\overline{\partial f}}{\partial \omega_{i_1}}\right)_0 \cdots \left(\frac{\overline{\partial f}}{\partial \omega_{i_p}}\right)_0 u_{i_1} \ldots u_{i_p}$ un terme obtenu en multipliant entre elles p expressions égales à $\sum_i \left(\frac{\overline{\partial f}}{\partial \omega_i}\right)_0 u_i$ et en conservant dans ce monome l'ordre des facteurs; on remplacera ce terme par

$$\frac{\overline{\partial^p f}}{\partial \omega_{i_1} \ldots \partial \omega_{i_p}} u_{i_1} \ldots u_{i_p}.$$

On en déduit que $\frac{\partial^p f}{\partial u_{i_1} \ldots \partial u_{i_p}}$ est égale à la moyenne arithmétique des dérivées absolues distinctes de f par rapport aux formes d'indices $i_1, i_2, \ldots, i_p$.

Adoptons maintenant comme système de référence $\vec{e}_i$ en tout point M le système $(\vec{e}_i)_0$ transporté par parallélisme de O en M le long de la géodésique OM; la formule de Taylor généralisée est alors vraie si l'on remplace f par un tenseur quelconque.

Ces résultats subsistent si l'on remplace les dérivées absolues au sens de M. R. Lagrange par les mêmes dérivées absolues au sens de Riemann et de Christoffel.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Changements observés sur la planète Jupiter.* Note de M. **E.-M. Antoniadi**, présentée par M. H. Deslandres.

J'ai exposé ici même ([1]) les premières observations de Jupiter cette année avec la lunette de $0^{\mathrm{m}},83$ de Meudon; je présente aujourd'hui quelques résultats nouveaux sur cette planète obtenus avec le même instrument.

Dans la première moitié de septembre, j'observai, vers les régions polaires de Jupiter, des traînées claires, sinueuses et déchiquetées, très inclinées sur le parallèle, et offrant un aspect comparable aux facules du Soleil. Je constatai encore des modifications quotidiennes dans l'aspect de

([1]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 267.

la tache rouge, et notai, dans la zone équatoriale, des filaments bleus clairs, émanant souvent de taches bleues foncées situées au bord méridional de la grande bande tropicale nord.

Indépendamment de ces observations, j'ai analysé un grand nombre de dessins de la planète depuis quatre-vingts ans et suis arrivé aux conclusions suivantes :

1° Les modifications de la tache rouge ne présentent aucune relation avec le cycle solaire undécennal.

2° Il en est de même des manifestations de la grande perturbation tempérée australe.

3° Même remarque à faire pour l'apparition fréquente de taches sombres dans la zone tempérée nord.

4° L'aspect double, temporaire, des deux grandes bandes équatoriales ne semble présenter non plus de rapport avec le cycle en question, bien que la bande tropicale nord se soit montrée souvent double après les maxima solaires.

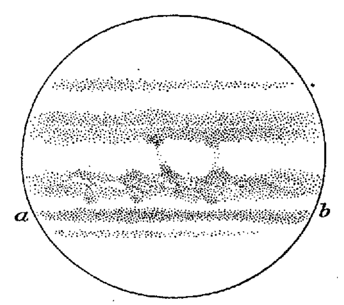


Fig. 1. — 27 novembre 1893.

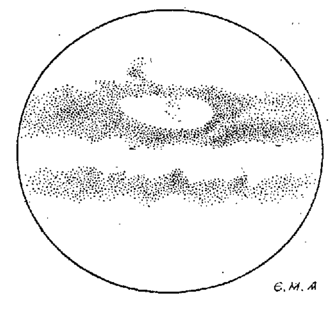


Fig. 2. — 28 juillet 1913.

La première de ces deux figures montre la bande tempérée nord, *ab*, de Jupiter à son maximum d'intensité, tandis que sur la deuxième elle est invisible.

5° De même, la coloration des bandes équatoriales ne paraît pas subordonnée aux variations de la radiation solaire annoncées par Abbot.

6° L'intensité des bandes principales semble en général régie par un cycle dont la période moyenne serait voisine de 12 ans. Cette période n'est cependant pas bien décelable pour la bande équatoriale sud, surtout depuis 1901, époque à laquelle elle donna naissance à la grande perturbation. Elle est plus ou moins reconnaissable pour la bande tempérée sud, avant l'apparition de ladite perturbation, ainsi que pour la bande équatoriale nord, et elle est nette en ce qui concerne la bande tempérée nord, ainsi qu'on le verra dans le tableau suivant :

Année approximative du maximum d'intensité de la bande tempérée nord.	Intervalle entre deux maxima.	Année approximative du minimum d'intensité de la bande tempérée nord.	Intervalle entre deux minima.
1857	ans	1850	ans
1871 (¹)	14	1862	12
1884	13	1877	15
1893 (¹)	9	1888	11
1903	10	1898 (²)	10
1914	11	1910 (²)	12
1926	12	1922	12
Moyenne.....	11,5	Moyenne.....	12,0

On remarquera que plusieurs maxima d'intensité de cette bande ont presque coïncidé avec des maxima solaires, alors que certains minima d'intensité ne se sont pas trop écartés des minima solaires.

Sans nier donc toute action possible du Soleil sur quelques manifestations joviennes, il est évident que les phénomènes présentés par Jupiter sont en très grande partie inhérents à la planète elle-même et dus à sa haute température.

GÉODÉSIE. — *Résultats de la jonction géodésique directe de la Corse au Continent français.* Note de M. P. **Helbronner**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Les 15 angles mesurés aux stations du polygone de jonction ayant été observés par un nombre variable de séries et aussi de pointés au micromètre oculaire, il a été nécessaire d'attribuer à chacun d'eux un poids différent, fonction de ces nombres.

Les calculs de la compensation ont été exécutés deux fois, M. Hasse les ayant repris par une autre méthode que celle que j'avais employée. Nous sommes arrivés, chacun de notre côté, à des corrections ne différant respectivement au maximum que de $\frac{4}{100}$ de seconde centésimale, cette divergence ne tenant d'ailleurs qu'au mode choisi pour l'établissement des excès sphériques des grands triangles considérés.

(¹) Grand maximum : la bande était alors très sombre.
(²) Grand minimum : bande très pâle ou invisible.

Le schéma au $\frac{1}{2000000}$ ci-joint appuie le résumé des données angulaires, de leur poids et de leur correction, ainsi que l'extrait du tableau final des triangles compensés.

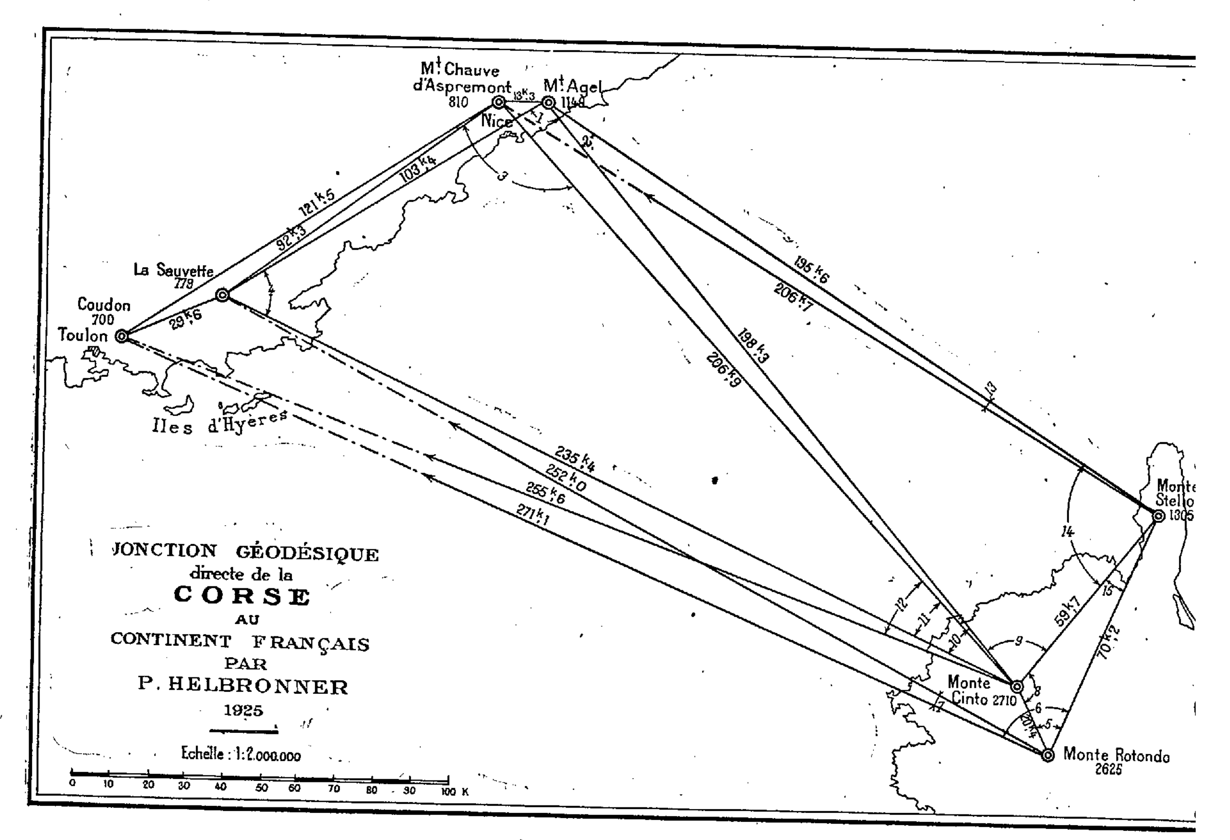
1° Résumé des *Données et Corrections angulaires.*

Angles observés.	$\sqrt{p}$.	Corrections en secondes centésimales.	Corrections en secondes sexagésimales.	Numéros du schéma.	Angles observés.	$\sqrt{p}$.	Corrections en secondes centésimales.	Corrections en secondes sexagésimales.
108^G.4283",64	7,81	−0",67	−0",22	9...	87^G.3883",00	14,42	+4",20	+1",36
19.3764,24	5,74	−5,62	−1,81	10...	28.6827,94	15,72	−3,82	−1,24
106.8335,59	3,16	−3,33	−1,08	11...	25.5042,93	16,46	+9,46	+3,05
62.9052,50	2,45	−0,43	−0,13	12...	31.1300,74	16,67	−1,03	−0,33
57.5833,51	14,14	+3,69	+1,19	13...	2.2624,26	11,66	+1,86	+0,61
101.1845,44	16,61	−3,55	−1,15	14...	93.2448,11	4,00	−2,95	−0,96
5.5170,03	3,87	+4,84	+1,57	15...	17.2995,31	8,49	−6,21	−1,98
125.1180,03	16,09	+2,48	+0",80					

II. — Extrait du *Tableau final des triangles compensés.*

Sommets des triangles.	Angles sphériques compensés.	Longueurs des côtés opposés.	Sommets des triangles.	Angles sphériques compensés.	Longueurs des côtés opposés.
Cinto.....	28^G.6827",94	103.393^m,95	Cinto.....	25^G.5042",93	92.322^m,39
Agel......	108.4283,64	235.404,90	Mt Chauve.	106.8335,59	235.404,90
Sauvette...	62.9052,50	198.282,67	Sauvette...	67.6764,51	206.887,77
excès sph. : 164,08			excès sph. : 143,03		
Cinto.....	31.1300,74	121.489,11	Cinto.....	87.3883,00	195.503,63
Mt Chauve.	109.8741,97	255.582,75	Stello.....	93.2448,11	198.282,67
Coudon....	59.0151,76	206.887,77	Agel......	19.3764,24	59.748,36
excès sph. : 194,47			excès sph. : 95,35		
Cinto.....	90.5668,01	206.690,48	Cinto.....	158.8109,03	251.981,14
Stello.....	90.9823,85	206.887,77	Sauvette...	3.1071,74	20.398,90
Mt Chauve.	18.4603,89	59.748,36	Rotondo..	38.0841,90	235.404,90
excès sph. : 95,75			excès sph. : 22,67		
Cinto.....	125.1180,03	70.163,97	Cinto.....	153.1851,22	271.055,92
Rotondo...	57.5833,51	59.748,36	Coudon...	3.2164,25	20.398,89
Stello.....	17.2995,31	20.398,90	Rotondo...	43.6011,93	255.582,75
excès sph. : 8,85			excès sph. : 27,40		

Un premier mode d'estimation de la précision peut être immédiatement donné par les formules habituellement adoptées pour les erreurs moyennes d'un angle et d'une direction isolée.



1° *Erreur d'un angle final.* — La formule rigoureuse $E = \pm\sqrt{\frac{\Sigma\varepsilon^2}{r}}$ donne

$$\pm 5'',503 \ (1'',78).$$

La formule approchée de l'ancienne Association internationale

$$E_1 = \pm\sqrt{\frac{\Sigma F^2}{3N}}$$

donne

$$\pm 2'',491 \ (0'',81).$$

2° *Erreur d'une direction finale.* — La formule rigoureuse $e = \pm\frac{E}{\sqrt{2}}$ donne

$$\pm 3'',891 \ (1'',26)$$

et la formule approchée

$$e_1 = \pm \frac{E_1}{\sqrt{2}} = \pm 1'',76 \ (0'',57).$$

Découlant de ces résultats apparaît en particulier la possibilité d'une comparaison de la valeur du côté joignant les deux points Sauvette et Cinto avec celles calculées en 1863 sur les observations de 1827 du capitaine Durand. On trouve en effet dans le Supplément du Tome X du *Mémorial du Dépôt de la Guerre* (p. 9, 10, 11) les quatre nombres 235387^{m},50 — 235384^{m},80 — 235373^{m},30 — 235381^{m},90 qui diffèrent, en moins, de 17^{m} à 31^{m} de la valeur 235404^{m},90 résultant de mes opérations.

RELATIVITÉ. — *Sur la formule de l'effet Doppler-Fizeau dans l'Univers de de Sitter.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Hadamard.

L'Univers de de Sitter est défini par le ds^2

$$(1) \qquad ds^2 = \cos^2\theta\, dt^2 - R^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2 + \sin^2\theta \sin^2\varphi\, d\omega^2),$$

où l'on prend comme unité la vitesse de la lumière. Selon l'interprétation de la théorie de la Relativité, l'espace de cet Univers est, dans les cas les plus simples, l'espace sphérique ou l'espace elliptique, de rayon R et admettant pour origine le point $\theta = 0$, où est placé l'observateur. Par suite de la présence du facteur $\cos^2\theta$ du carré dt^2, la marche d'une horloge immobile en un point de l'espace est ralentie dans le rapport $\cos\theta$; par rapport aux raies spectrales des sources lumineuses placées au point $\theta = 0$, les raies des sources immobiles en un point de l'espace à distance θ sont déplacées vers le rouge, et l'accroissement relatif de longueur d'onde D est égal à $\frac{1}{\cos\theta} - 1$. Considérons maintenant une source lumineuse mobile dans l'espace.

Weyl a obtenu [1] la formule $D = \operatorname{tang}\theta$ pour exprimer le déplacement

[1] *Physikalische Zeitschrift*, **24**, 1923, p. 230. D'ailleurs, dans le calcul et les notations de Weyl, si l'on remplace l'équation donnant la distance de la source à l'observateur $\operatorname{tang} r = \alpha e^{\sigma}$ par l'équation $\sin r = \alpha es$, pour mesurer cette distance instantanément, et non avec la vitesse de la lumière, on obtient la formule

$$\frac{d\sigma}{ds} = \frac{1}{1 - \alpha es} = \frac{1}{1 - \sin r} = \frac{1 + \sin r}{\cos^2 r},$$

qui concorde avec la dernière de nos formules, car la constante α est égale à l'unité, et la source s'éloigne de l'observateur.

correspondant des raies spectrales. Silberstein a critiqué ([1]) cette formule, qui donne des déplacements tous positifs, tandis qu'il semble bien établi par exemple que les raies du spectre de la nébuleuse d'Andromède présentent un déplacement négatif correspondant, par la formule classique $D = v_r$ à une vitesse radiale v_r voisine de — 300^{km} par seconde. Mais le calcul de Weyl s'applique seulement à une source lumineuse de mouvement radial par rapport à l'observateur, et partie asymptotiquement pour $t = -\infty$ de la position de l'observateur; tandis qu'en général dans un mouvement radial, comme dans le mouvement classique d'un point repoussé par un centre fixe proportionnellement à la distance, ou bien la distance de la source à l'observateur passe par un minimum différent de zéro, ou bien la source traverse à un instant fini la position de l'observateur.

Silberstein a donné ([2]) une autre formule de l'effet Doppler-Fizeau dans l'Univers de de Sitter, et l'a appliquée notamment sous la forme réduite $D = \pm \sin\theta$. Cette formule réduite fait prévoir l'existence de déplacements négatifs, mais non la prédominance des déplacements positifs constatée dans les spectres des nébuleuses spirales. La formule complète donnée par Silberstein me paraît inexacte, car pour une source de mouvement radial et dont la vitesse s'annule à un instant, elle se réduit à $D = \cos\theta - 1$ et non à $D = \frac{1}{\cos\theta} - 1$.

En combinant l'effet Doppler de la théorie de la Relativité restreinte et l'effet du champ, on obtient la formule ([3])

$$(2) \qquad 1 + D = \frac{1 + \frac{R}{\cos}\frac{d\theta}{dt}}{\cos\theta\sqrt{1 - R^2\frac{d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2}{\cos^2\theta\, dt^2}}},$$

([1]) *Nature*, **113**, 1924, p. 350; *Philosophical Magazine*, **47**, 1924, p. 909.

([2]) *Nature*, **113**, 1924, p. 350, et **114**, 1924, p. 347; *Philosophical Magazine*, **47**, 1924, p. 912, et **48**, 1924, p. 622.

([3]) Car dans la formule de la théorie de la Relativité restreinte

$$1 + D = \frac{1 + \frac{v_r}{V}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V^2}}},$$

la vitesse de la lumière V dans le sens radial est $\cos\theta$, la vitesse radiale v_r et la vitesse v de la source sont $R\frac{d\theta}{dt}$ et $R\sqrt{\frac{d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2}{dt^2}}$.

La formule (2) a été donnée en substance par Becquerel (*Le principe de Relativité et la théorie de la gravitation*, Paris, 1922, p. 299).

pour une source se mouvant sur la sphère ou dans le plan $\omega = 0$. D'ailleurs, d'après les équations du mouvement d'une masse infiniment petite, c'est-à-dire des géodésiques du ds^2 (1), le radical figurant dans la formule (2) est égal à $\frac{\cos\theta}{a}$, a désignant une constante d'intégration positive, égale évidemment si la vitesse de la source s'annule à un instant à la valeur de $\cos\theta$ à cet instant. D'où

$$1 + \mathrm{D} = \frac{a}{\cos^2\theta}\left(1 + \frac{\mathrm{R}}{\cos\theta}\frac{d\theta}{dt}\right), \quad \text{et} \quad 1 + \mathrm{D} = \frac{a}{\cos^2\theta}\left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{\cos^2\theta}{a^2}}\right)$$

si la source se meut radialement, avec le signe + ou le signe — selon que la source s'éloigne ou se rapproche de l'observateur. *C'est la formule donnée par Silberstein, au diviseur* $\cos^2\theta$ *près, diviseur qui dans tous les cas augmente la valeur algébrique du déplacement relatif* D.

La formule (2) se réduit d'ailleurs à celle donnée ([1]) par Eddington, dans le cas où, négligeant le carré de la vitesse de la source, on remplace le radical par l'unité, c'est-à-dire où, dans la théorie de la Relativité restreinte, on conserve pour la valeur de l'effet Doppler la formule classique $\mathrm{D} = v_r$.

Il serait intéressant de rechercher si au total la formule (2) s'accorde mieux que la formule de Silberstein avec les deux faits que semblent mettre en évidence les observations ([2]) : les spectres des nébuleuses spirales présentent des déplacements considérables et en moyenne positifs, et les spectres des amas d'étoiles présentent des déplacements moindres en valeur absolue et indifféremment positifs et négatifs.

THERMODYNAMIQUE APPLIQUÉE. — *Utilisation industrielle de l'énergie d'un liquide chaud dans une turbine à vapeur.* Note ([3]) de M. **Jean Rey**, présentée par M. E. Fichot.

Je désirerais rappeler qu'une installation industrielle, basée sur le même principe physique que celui invoqué par M. G. Claude ([4]) a été réalisée en France en 1904.

([1]) *The mathematical Theory of Relativity*, Cambridge, 1923, p. 164.

([2]) Cf. Lundmark, *Monthly Notices*, **84**, 1924, p. 747. — Silberstein, *ibid.*, **85**, 1925, p. 285. — Strömberg, *The Astrophysical Journal*, **61**, 1925, p. 353.

([3]) Séance du 29 novembre 1926.

([4]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 924.

Le 9 mars 1904, le Directeur des Usines de Dombasle-sur-Meurthe demandait à la Maison Sautter-Harlé s'il ne serait pas possible d'utiliser l'énergie calorifique d'un liquide salin chaud, sortant d'appareils installés dans cette usine, à une température d'environ 116°, pour produire de la vapeur à utiliser dans une turbine. La température d'ébullition de ce liquide, qui renfermait une proportion importante de sels, était de 102°, sous la pression de 740^{mm} de mercure. La Maison Sautter-Harlé dressa un projet d'installation qui permettait d'obtenir, avec le volume de liquide disponible, une puissance de 300 à 400 kilowatts suivant le degré de vide du condenseur. L'appareil fut construit dans le cours de l'année 1904, et essayé dès le début de 1905.

Le liquide chaud, d'un débit de 220^{m^3} à l'heure, se rendait, par gravité, dans un bouillisseur où il se mettait en ébullition sous la pression absolue de $0^{kg},65$. On produisait ainsi 9800^{kg} de vapeur à l'heure, l'évacuation du liquide s'effectuant sans dépense d'énergie à l'aide d'un tube barométrique. La vapeur détendue dans le turbo-alternateur produisait en moyenne une puissance de 360 kilowatts, et elle aboutissait à un condenseur à mélange, à la pression moyenne de $0^{kg},08$, l'énergie consommée pour le fonctionnement de la pompe à air et de la pompe à eau étant de 46 kilowatts. D'après ces chiffres, on voit que le rendement propre du turbo-alternateur, défalcation du travail nécessité par la condensation, était de 38 pour 100, et le rendement thermodynamique, compté sur le poids total de l'eau chaude employée, de 34,3 pour 100.

Cette installation a fonctionné environ une année; mais on s'est heurté à une difficulté qu'il était impossible de résoudre à cette époque, la vapeur provenant d'un liquide chargé de sels détruisant rapidement les aubages de la turbine et les disques eux-mêmes, ce qui aurait obligé à des remplacements fréquents et beaucoup trop onéreux. Les progrès de la métallurgie, par la création de métaux inoxydables, permettraient de tenter maintenant la même application avec des chances plus sérieuses de succès.

La solution du problème posé avec tant d'ingéniosité par MM. Claude et Boucherot présente, semble-t-il, des difficultés plus considérables.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *L'absorption de résonance et le rendement de la fluorescence dans le domaine des rayons X.* Note [1] de M. V. **Posejpal**, transmise par M. Pierre Weiss.

Dans ses deux Mémoires sur le rendement de la fluorescence [2], M. Auger a trouvé pour ce rendement dans le niveau K les valeurs $R = 0,07$, $0,5$, $0,7$ pour argon, krypton, xénon, et dans le niveau L, $R = 0,25$ pour xénon. On peut déduire une expression générale de ce rendement en admettant l'absorption de résonance dans le domaine des rayons X, étudiée ici [3].

Admettons comme évident qu'un quantum $h\nu$ ne peut être absorbé sur un niveau donné d'un atome s'il n'entre pas dans l'espace limité par le noyau et la couche électronique en question. Cette condition satisfaite et ν étant égal ou plus grand que la fréquence du niveau en question, l'absorption aura une probabilité p pour se produire.

Un atome ionisé par exemple sur son niveau K et émettant ensuite une radiation de fluorescence, soit ν_{KL}, en devenant par là ionisé sur son niveau L, absorbera cette même radiation immédiatement par résonance sur son niveau K en perdant son ionisation L, après quoi le même jeu se répète. La probabilité de cette absorption de résonance sera donnée par zp, en exprimant par z la probabilité que le quantum $h\nu_{KL}$ pénètre à l'intérieur de la couche K; z doit être une fonction du rayon a de l'orbite circulaire de la couche électronique K et sera égal, en première approximation, à $z = c_0 a$, c_0 étant un paramètre indépendant du nombre atomique N et du niveau en question. Le même jeu a lieu pour un atome ionisé primitivement sur son niveau L, M, ..., ce qu'on peut exprimer par des expressions

$$W_K - W_L \rightleftharpoons h\nu_{KL} \quad (z = c_0 a_{k_{11}}), \qquad W_K - W_M \rightleftharpoons h\nu_{KM} \quad (z = c_0 a_{k_{11}}),$$
$$W_L - W_M \rightleftharpoons h\nu_{LM} \quad (z = c_0 a_{L_{22}}), \qquad \ldots.$$

La probabilité p est étroitement liée avec le coefficient d'absorption de fluorescence τ, et l'on trouve par un calcul simple

$$p = \frac{\tau \varpi m_H}{\rho \pi a^2}, \tag{1}$$

---

[1] Séance du 29 novembre 1926.

[2] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 773 et 1215.

[3] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 272 et 767.

où ρ est le poids spécifique, $w m_H$ le poids absolu de l'atome considéré, a le rayon d'orbite circulaire de la couche électronique en question.

Soit maintenant Q le nombre d'atomes qui viennent d'être ionisés par un effet photo-électrique simple sur leur niveau K. Quelle est la condition nécessaire pour que l'effet photo-électrique composé puisse se produire? Naturellement celle que l'atome ne doit pas perdre toute son énergie par des radiations électromagnétiques, donc il ne doit pas émettre le quantum $h\nu_K$, alors ce quantum doit nécessairement être absorbé par résonance sur le niveau K. La probabilité qu'il en est ainsi $z_K p_K$, le nombre total d'atomes produisant l'effet photo-électrique composé sera alors donné par $Q z_K p_K$ et le rendement de cet effet par $R'_K = z_K p_K$, tandis que celui de la fluorescence sera donné par $R_K = 1 - R'_K$. D'une manière analogue on aura

$$R'_L = z_L p_L = 1 - R_L \ldots.$$

Il suit de notre considération que le produit zp représente la limite supérieure du rendement R'. Mais on peut supposer que ces rendements limites ainsi définis se trouveront dans les mêmes rapports entre eux que les rendements réels, donnés par expérience, et c'est ce que nous pouvons contrôler.

En posant tout simplement

$$a = \frac{h^2}{4\pi^2 e^2 m}\frac{n^2}{N}, \qquad \nu = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3}\frac{N^2}{n^2} \qquad \text{et} \qquad \frac{\tau}{\rho} w = \mathcal{C}\mathcal{N}^4\lambda^3,$$

où $\mathcal{C}$ est égal [d'après Bragg et Peirce (1)] à 0,0136, 0,00188, 0,0004 pour les niveaux K, L, M, respectivement, on obtient la formule générale

$$R' = c\frac{\mathcal{C} n^4}{\mathcal{N}}, \tag{2}$$

dans laquelle c exprime un facteur indépendant de la nature du niveau et de l'atome. Plus spécialement on a

$$R'_K = c\frac{0{,}0136}{N}, \qquad R'_L = c\frac{0{,}00188}{N}2^4, \qquad R'_M = c\frac{0{,}0004}{N}3^4, \qquad \ldots.$$

En considérant les gaz argon ($N_1 = 18$), krypton ($N_2 = 36$), xénon

(1) Sir W.-H. BRAGG and W.-L. BRAGG, *X Rays and Crystal Structure*, London, 1924, p. 43.

($N_3 = 54$), on trouve, sur le niveau K,

$$R'_1 : R'_2 : R'_3 = \frac{1}{18} : \frac{1}{36} : \frac{1}{54} = 3 : 2 : 1 \quad \text{(par le calcul)}$$
$$= 0,93 : 0,5 : 0,3 = 3,1 : 1,7 : 1 \quad \text{(par l'expérience).}$$

Pour le rapport $R'_L : R'_K$, le calcul donne en général la formule $2,22 . \frac{N_L}{N_K}$, et spécialement pour les couples

L(xénon), K(argon) = 0,74 (0,8),
L(xénon), K(krypton) = 1,48 (1,5),
L(xénon), K(xénon) = 2,22 (2,5),

où les chiffres entre parenthèses dérivent de l'expérience.

L'accord avec le calcul est complet.

ÉLECTRICITÉ ET OPTIQUE. — *Sur les variations des propriétés optiques du quartz piézo-électrique soumis à des courants de haute fréquence.* Note (1) de M. **Edgar-Pierre Tawil**, présentée par M. Ferrié.

Une lame découpée dans un cristal de quartz de façon que deux de ses faces soient normales à un axe électrique et deux autres normales à l'axe optique se dilate ou se contracte lorsqu'on établit une différence de potentiel positive ou négative entre les deux faces normales à l'axe électrique revêtues d'armatures (2). Si la différence de potentiel appliquée aux armatures est alternative, et la fréquence égale à l'une des fréquences fondamentales de la lame ou l'un des harmoniques, celle-ci vibrera en résonance se dilatant et se raccourcissant à la fréquence d'excitation (3).

Examinée en lumière polarisée, une telle lame présente des phénomènes optiques que je décrirai ici sommairement : une lame de quartz, taillée comme il vient d'être dit, est disposée entre deux nicols croisés de telle façon que la lumière polarisée la traverse suivant son épaisseur, et que les plans principaux soient à 45° de son axe optique. Cette lame est munie d'armatures constituées, par exemple, par deux cuves en verre contenant un liquide conducteur. Ces armatures sont reliées à un circuit oscillant

(1) Séance du 29 novembre 1926.
(2) P. et J. Curie, *Comptes rendus*, 95, 1882, p. 914.
(3) W. G. Cady, *Proc. Inst. Radio Engrs* 10, 1922, p. 83.

comportant un condensateur variable de réglage très précis. Un compensateur de Bravais, ou plus simplement une seconde lame de quartz est croisée avec la première de façon que l'ensemble se comporte comme une lame isotrope. Avec une source de lumière blanche, on obtient une extinction satisfaisante à la sortie de l'analyseur.

On règle approximativement la fréquence du circuit sur la fréquence fondamentale des vibrations transversales de la lame; on s'assure que le champ de vision est pratiquement obscur. On agit alors d'une façon continue et lente sur le condensateur de l'oscillateur pour atteindre la fréquence désirée. Au voisinage de celle-ci, le cristal commence à vibrer faiblement, et l'on constate une apparition de lumière à l'analyseur. L'intensité de cette lumière, qui augmente progressivement, est maxima lorsque la lame est en résonance. Au delà d'une position limite du condensateur, la lumière s'éteint, et la lame cesse de vibrer.

L'intensité maxima de la lumière est équivalente à une rotation de l'analyseur d'une dizaine de degrés. Cette valeur doit pouvoir être dépassée. En effet l'ordre de grandeur du phénomène est fonction de divers facteurs tels que potentiel excitateur, amortissement, qualité du quartz, précision apportée dans la taille, etc. La tension limite n'est fixée que par la dilatation critique de la lame qui vole en éclats pour une différence de potentiel trop élevée.

La lame examinée au moyen d'un système grossissant offre, quand elle vibre, l'aspect d'une plage uniformément éclairée, sauf les bords extrêmes qui demeurent sombres. Examinée dans les mêmes conditions, mais suivant sa longueur, la lame présente le même phénomène.

Ce phénomène n'est pas dû à une variation d'épaisseur. On s'en rend compte en considérant qu'une lame onde de quartz a environ 55^{μ} d'épaisseur et que celle qui a servi aux expériences ne mesure que $0^{mm},67$. Röntgen a établi que la double réfraction augmentait ou diminuait quand on modifiait la polarisation naturelle du quartz (¹).

Modifions à présent la fréquence d'excitation et passons sur divers harmoniques. Nous constaterons à chaque fois une apparition de lumière dont l'intensité sera plus ou moins forte, mais en même temps des dessins se forment sur la lame : arabesques noires sur fond lumineux. Ces dessins très variés et très nombreux changent avec la fréquence. Parfois irréguliers et offrant l'aspect enchevêtré d'un puzzle, la plupart d'entre eux forment

(¹) Cf. W.-C. Röntgen, *Wied. Ann.*, 18, 1883, p. 213 et 534.

des figures géométriques bien caractérisées qui se retrouvent toujours les mêmes pour une fréquence déterminée, toutes conditions égales. Lignes droites, verticales, horizontales ou inclinées, lignes ondulées, bâtonnets, grecques, quadrillages, etc., ces figures présentent sous une forme encore plus complexe une analogie évidente avec celles que l'on observe sur les plaques vibrantes.

J'ai ensuite examiné la lame non compensée dans les mêmes conditions avec cette différence que le faisceau polarisé la traversait suivant l'axe optique. Au repos, la lame présentait une couleur uniforme sur toute sa surface, mais dès qu'elle était mise en résonance, un changement de couleur apparaissait en teintes dégradées soit au centre de la lame, soit dans des positions symétriques suivant son mode de vibration. Ces changements de coloration semblent dus à la superposition d'une biréfringence accidentelle au phénomène de polarisation rotatoire, biréfringence due à la compression aux nœuds de vibration de la lame.

Cette étude est très sommaire et incomplète. En la poursuivant je chercherai à établir l'ordre de grandeur des phénomènes, la durée de leur établissement et de leur disparition.

J'envisage déjà l'application de ce phénomène à la création d'oscillographes, de modulateurs de lumière pour la téléphotographie et télévision. Il y a lieu de noter que le dispositif qui vient d'être décrit permet d'observer directement dans des conditions particulièrement commodes les variations de pressions qui s'exercent sur des cristaux de quartz piézoélectriques taillés sous forme de parallélépipèdes, cubes, disques, etc.

MÉTROLOGIE. — *Étude des radiations monochromatiques du cadmium dans les lampes Michelson et Hamy en vue de leurs applications métrologiques.* Note de M. **Albert Pérard**, présentée par M. M. Hamy.

Les lampes expérimentées dans ces recherches furent la lampe Michelson, à électrodes d'aluminium et la lampe Hamy, sans électrodes, telles qu'elles sont décrites par leurs auteurs [1]. Ces lampes, renfermées dans des étuves électriques munies de fenêtres permettant de recevoir la lumière « en

---

[1] Michelson, *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, **11**, 1894, p. 34. — Hamy, *Revue d'Optique théorique et instrumentale*, **3**, 1924, p. 488.

bout » du tube axial, étaient excitées par un courant alternatif de 1000 à 3000 volts, 50 périodes, avec interposition d'une résistance liquide, réglable entre 60 et 1200 milliers d'ohms.

Pour parer à la courte durée de fonctionnement habituelle des lampes Michelson, celles-ci étaient reliées à une pompe à mercure ancienne, du type Alvergniat à soupape, munie d'un dispositif spécial composé d'un réservoir dont le volume était réglé par un niveau de mercure, et d'une jauge de Mac Leod. J'ai tout d'abord recherché les conditions de visibilité les plus favorables pour la raie rouge de la lampe Michelson (étalon fondamental des longueurs d'onde lumineuses), à la différence de marche de 200^{mm}; j'ai trouvé qu'elles étaient voisines des suivantes : température 320°, pression 1^{mm}, intensité du courant 2 à 3 milliampères, avec de larges limites de tolérance. La tension aux bornes, mesurée à l'électromètre, est alors de l'ordre de 400 volts.

Les lampes Hamy, pendant leur fonctionnement, restaient à une température comprise entre les limites prescrites, 295° à 300°; l'intensité du courant était maintenue à 3 ou 4 milliampères. Les conditions expérimentales ne m'avaient pas permis de les relier, comme les lampes Michelson, à un dispositif régulateur de vide. Au cours de leur formation, elles avaient été soigneusement purgées d'air par un séjour d'une demi-heure sous le vide, à une température allant de 350° à 450°. Malgré cette précaution, une certaine pression résiduelle se manifestait au début du fonctionnement, et la tension aux bornes était seulement de 700 à 900 volts. Après un temps, d'ailleurs variable d'une ampoule à l'autre, cette tension s'élevait assez rapidement jusqu'au-dessus de 1500 volts. A partir de ce moment, les lampes Hamy, faites d'un verre de fabrication ancienne, se sont établies à un régime stable sous la tension de 1750 volts, et ont fourni un très long service. D'autres lampes ont présenté des anomalies qui seront étudiées ultérieurement et provenant vraisemblablement de la résistivité insuffisante du verre, de composition nouvelle, employé pour leur construction.

L'étude détaillée des radiations les mieux monochromatiques de ces deux sortes de lampes a consisté en un très grand nombre de comparaisons de longueurs d'ondes, exécutées au moyen de l'interféromètre Michelson, à toutes différences de marche entre 0 et 202^{mm}.

Dans le régime initial à basse tension, l'émission lumineuse des lampes Hamy est l'émission normale des lampes Michelson; même spectre, même visibilité d'interférences. Le spectre spécial à la lampe Hamy prend naissance et s'accentue peu à peu tandis que la tension s'élève. Mais

alors se produit aussi un phénomène sur lequel il convient d'attirer l'attention : le renversement de la raie rouge; celle-ci apparaît séparée en deux composantes, d'intensités égales, à un intervalle de $0^{m\mu},0012$. Ce renversement a été nettement vérifié sur les lampes avec étranglement; les tubes sans étranglement, conseillés par M. Hamy, n'ont pas encore été essayés. Je suis arrivé à obtenir le même phénomène sur une lampe Michelson, dont le vide était constamment entretenu par la pompe; à mesure que la pression a baissé, la tension s'élevant, le spectre s'est transformé en celui de la lampe Hamy, et au-dessous de $\frac{1}{10}$ de millimètre de pression, j'ai pu observer, à 240^{mm} de différence de marche, un dédoublement net, un peu moins accentué que dans la lampe Hamy. D'ailleurs, quelles que soient les conditions de l'émission, la longueur d'onde résultante reste sensiblement la même (élargissement ou renversement symétriques sans déplacement appréciable); et, au-dessous d'une différence de marche de 140^{mm}, il semble impossible de déceler le dédoublement; c'est là sans doute ce qui a conduit certains expérimentateurs récents à écrire que la raie rouge de la lampe Hamy est « la même que celle de la lampe Michelson jusqu'à la limite d'interférence ».

Lampe Michelson, raie 508,6. — A toutes différences de marche, l'ordre d'interférence observé ne diffère pas de plus de 0,05 de l'ordre calculé en admettant la valeur $508^{m\mu},58220$ indiquée autrefois par Michelson. Toutefois, à différence de marche croissante, une très légère oscillation, autour de cette longueur d'onde, met en évidence le satellite connu, à $-0^{m\mu},0025$ de la radiation principale, avec une amplitude relative de 0,19 (intensité 0,04).

Lampe Hamy, raie 508,6. — Jusqu'à 60^{mm}, les phénomènes d'interférence observés sont peu différents (écart $-0,07$ au maximum) de ceux que donnerait la raie simple $508^{m\mu},58220$. Au delà, les écarts sont trop forts pour qu'il soit possible d'utiliser cette raie en métrologie.

Lampe Hamy, raie 515,5. — La longueur d'onde donnée par M. Hamy, $515^{m\mu},46589$, s'est trouvée exactement confirmée jusqu'aux plus grandes différences de marche; cette raie n'est pas renversée comme la raie rouge.

Lampe Hamy, raie 466,2. — La longueur d'onde $466^{m\mu},23513$ est aussi confirmée, mais avec une précision peu élevée en raison de la faible sensibilité de l'œil à cette région du spectre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs de mélange des couples partiellement miscibles. Système alcool méthylique-cyclohexane.* Note de M. **Paul Mondain-Monval**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Un certain nombre d'auteurs ont étudié les chaleurs de mélange de couples de liquides totalement miscibles à la température ordinaire tels que les systèmes eau-alcool éthylique, alcool éthylique-alcool méthylique, alcool éthylique-benzine, aniline-xylol, etc.

Il m'a paru intéressant de tracer le diagramme thermique complet d'un système en ne me limitant plus, comme cela a été le cas des systèmes précédents, à une zone de température où les deux liquides étaient miscibles en toutes proportions. J'ai fait choix pour cette étude du système alcool méthylique-cyclohexane. Ce couple, d'après les travaux de Lecat [1], n'est que partiellement miscible à la température ordinaire, à laquelle, pour un mélange à volumes égaux des deux constituants en particulier, il se sépare en deux couches, la plus légère étant la plus riche en cyclohexane. Plus la température augmente, plus la zone de non-miscibilité se rétrécit jusqu'à disparaître à 49°,1, température du point critique.

Au-dessus de cette température, les deux liquides sont totalement miscibles, c'est-à-dire que, quelles que soient leurs proportions, ils ne se séparent plus en deux couches. Contrairement à ce qui se passe pour le système classique eau-alcool éthylique, les mélanges d'alcool méthylique et de cyclohexane se font avec une absorption de chaleur très notable.

Pour ces mesures, j'ai opéré à quatre températures distinctes dont trois au-dessous du point critique, 18°, 29° et 40°, et une au-dessus 52°.

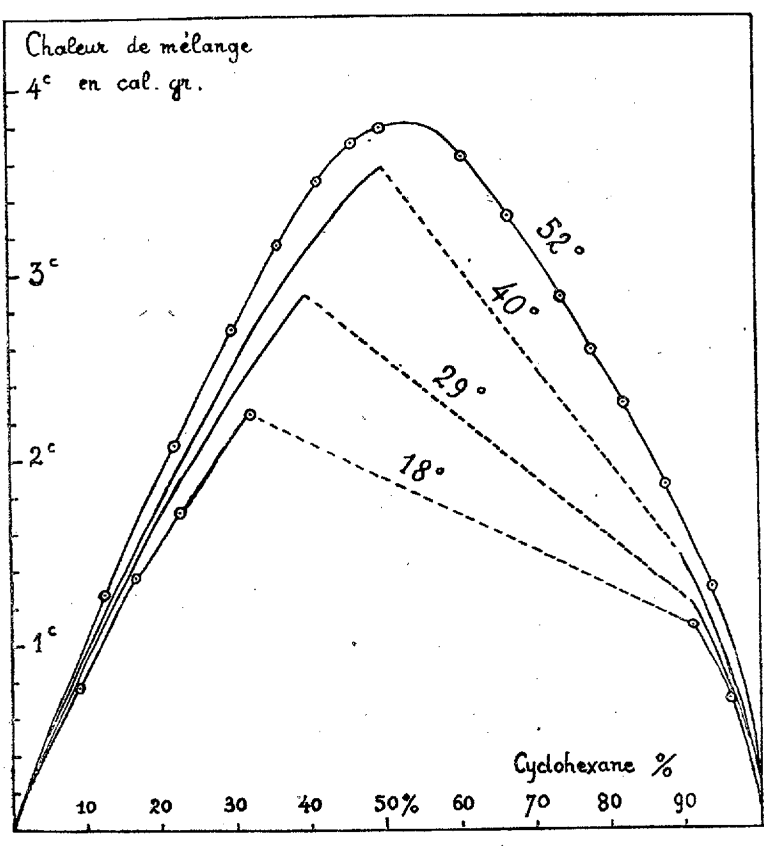
Pour chacune de ces températures, j'opérais de façon identique, avec quelques précautions supplémentaires toutefois pour les deux températures de 40 et 52°, où les mesures calorimétriques effectuées sur des liquides à bas point d'ébullition (alcool méthylique 64°,7) deviennent délicates. L'un des liquides, l'alcool par exemple, était placé dans un vase de Dewar parfaitement clos, enfermé lui-même dans un four électrique réglé à la température désirée.

Au moyen d'un courant auxiliaire peu intense traversant une résistance immergée dans l'alcool, on amenait celui-ci à la même température. A ce moment on introduisait à l'intérieur du Dewar par une petite ouverture aussitôt refermée 10^{cm^3} de cyclohexane préalablement amené à la même température que l'alcool auquel on le mélange. L'abaissement de température produit était mesuré au moyen d'un thermomètre

---

(1) Lecat, *Thèse*, Bruxelles, 1909.

au $\frac{1}{100}$ de degré, lequel muni d'ailettes en laiton servait en même temps d'agitateur. On réchauffait ensuite le mélange jusqu'à la température initiale au moyen du courant auxiliaire et l'appareil était prêt pour une nouvelle addition de cyclohexane. On continuait ainsi les additions successives de cyclohexane jusqu'à ce que le liquide se sépare en deux couches. Au-dessus de 50°, comme nous l'avons dit plus haut, les deux liquides sont miscibles en toutes proportions et la courbe des abaissements de température ne présente plus aucune discontinuité depuis l'alcool pur jusqu'au cyclohexane pur.



Chaleurs de mélange du système alcool méthylique-cyclohexane.

La chaleur spécifique des mélanges a été déterminée expérimentalement par la méthode électrique des deux résistances égales parcourues par un même courant et placées l'une dans le mélange de capacité calorifique inconnue et l'autre dans de l'alcool méthylique de valeur en eau bien déterminée. Les valeurs numériques obtenues sont plus grandes que celles que l'on pourrait calculer au moyen de la règle des mélanges. Elles s'échelonnent de 0,64 pour l'alcool à 0,43 pour le cyclohexane.

Le graphique ci-dessus contient les résultats de mes mesures. On a porté en ordonnées les chaleurs de mélanges en petites calories relatives à 1g de mélange et en

abscisses la composition de ce gramme de mélange en cyclohexane pour 100. Ces quantités de chaleurs sont, rappelons-le, négatives. On remarquera la discontinuité présentée par les trois isothermes relative à 18°, 29° et 40°, températures inférieures à la température critique. Les lignes droites pointillées qui marquent ces discontinuités ne correspondent donc pas à des effets thermiques mesurés. L'isotherme à 52°, au contraire, est tout à fait semblable à celles que présentent les couples totalement miscibles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques propriétés physico-chimiques de l'éosinate de* Cs. Note (¹) de MM. **René Delaplace** et **Neda Marinesco**, présentée par M. Jean Perrin.

L'importance croissante que présente l'éosinate de césium au point de vue thérapeutique (²) (suppression du choc anaphylactique) nous a amenés à rechercher quelques propriétés physico-chimiques de ce corps.

L'éosinate de césium a été préparé par la méthode décrite par l'un de nous dans une Note antérieure (³).

Dosage du brome. — Nous avons dosé le brome en calcinant l'éosine acide ou l'éosinate de Cs dans un tube de quartz rempli de chaux vive. Le brome fut ensuite dosé volumétriquement selon la méthode de Vohlard.

	Teneur en brome pour 100.		
	Calculée.	Trouvée.	Différence.
Éosine acide	49,3	48,5	0,8
Éosinate de Cs	35	33,8	1,2

Ces teneurs en brome indiquent que l'éosine acide et l'éosinate de Cs contiennent bien les 4 Br que leur assigne leur formule de constitution.

Volume en solution de l'éosinate de césium : nombre de dipôles de solvant fixés sur la molécule. — Nous avons appliqué une méthode précédemment décrite (⁴) : elle consiste à appliquer la formule d'Einstein qui exprime la viscosité de la solution d'éosinate de Cs en fonction de la viscosité du solvant et du volume vrai des molécules dissoutes, c'est-à-dire molécules d'éosinate de Cs ayant fixé dans leur périsphère un nombre déterminé de molécules du solvant. Les solvants étudiés furent : l'eau, l'alcool éthylique, l'alcool propylique normal ; les résultats vérifient toujours la loi

(¹) Séance du 22 novembre 1926.
(²) Girard et Peyre, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 84.
(³) René Delaplace, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 69.
(⁴) Neda Marinesco, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1149.

$$V_e = V_s + c\omega,$$

V_e = volume d'après la formule d'Einstein;
V_s = volume à l'état solide;
ω = volume moléculaire du solvant;
c = nombre de dipôles de solvant fixés sur la molécule.

	T.	V_e.	$V_e - V_s$.	ω.	c.
Eau	20°	856,9	486,9	18	27
Alcool éthylique	»	1848	1478	57,7	26
Alcool propylique normal	»	2348	1978	74,5	26

$V_s = 370$ (mesuré par la méthode du flacon).

On trouve pour le rapport $\frac{c}{S}$ (S = surface de la grosse molécule) :

$$7,5 \times 10^{14} \quad \text{pour l'éosinate de Cs}$$

et

$$4,8 \times 10^{14} \quad \text{pour l'éosinate de Na } (c = 16).$$

Ces résultats indiquent que le remplacement du Na par le Cs augmente le pouvoir absorbant des molécules.

pH *des solutions de l'éosinate de césium dans l'eau de Kohlrausch.* — Nous avons utilisé les électrodes à hydrogène et à quinhydrone, nous avons trouvé le pH compris entre 5,8 et 6,2; il correspond sensiblement à la neutralité car d'après les plus récents travaux [1], le pH de l'eau pure correspond à 5,8.

Étude de la dissociation. — Les mesures de conductivité nous ont montré que l'éosinate de Cs ne subissait pas dans l'eau de dissociation appréciable. Pour une concentration moléculaire de 2×10^{-4} la conductivité équivalente est 700 fois plus faible que celle d'une solution de KCl de même concentration.

Poids moléculaire. — Il a été mesuré par la méthode indiquée dans une Note précédente [2] en appliquant la formule d'Einstein relative à la diffusion (le volume spécifique étant mesuré dans le solvant). On trouve pour valeur du coefficient de diffusion

$$D = 0,30 \times 10^{-5},$$

ce qui correspond à un poids moléculaire

$$M = 892 \quad \text{au lieu de } 911.$$

---

(1) KLING et LASSIEUR, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1062.
(2) NEDA MARINESCO, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 964.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cémentation de l'acier doux par le cyanogène et la cyanamide.* Note [1] de M. **Eugène Pérot**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai cherché, dans la présente étude, à préciser le phénomène de cémentation de l'acier doux par le cyanogène et à comparer cette action à celle de la cyanamide.

A. *Cémentation par le cyanogène.* — Les éprouvettes étaient en acier doux à 0,15 pour 100 de carbone. Je les ai chauffées dans un tube de quartz placé à l'intérieur d'un four électrique, ce tube étant traversé par du cyanogène produit par décomposition de cyanure de mercure chauffé au rouge; l'étanchéité du tube permettait l'obtention d'une atmosphère à 95 pour 100 de cyanogène.

1° *Influence du temps et de la température.* — J'ai fait toutes ces cémentations en atmosphère close non renouvelée et l'examen micrographique m'a montré :

Pour les températures inférieures à 800° un aspect tout à fait particulier de la cémentation, caractérisé par une couche perlitique à bord interne franc sans transition avec l'âme; cette zone est bordée extérieurement par une couche mince inattaquée par le réactif à l'acide picrique. Le développement de cette cémentation croît d'une façon sensiblement proportionnelle au temps.

Pour les températures supérieures à 900°, la cémentation a l'aspect normal bien connu; le développement des différentes zones étant inégal dans le temps. La pénétration totale s'accroît très vite dans les premiers instants, puis se ralentit; la zone hypereutectoïde croît très rapidement au début et diminue ensuite avec l'épuisement en gaz actif. A leur sortie les échantillons étaient recouverts d'une couche abondante de carbone.

Entre 800° et 900°, il y a passage progressif du premier aspect signalé au deuxième.

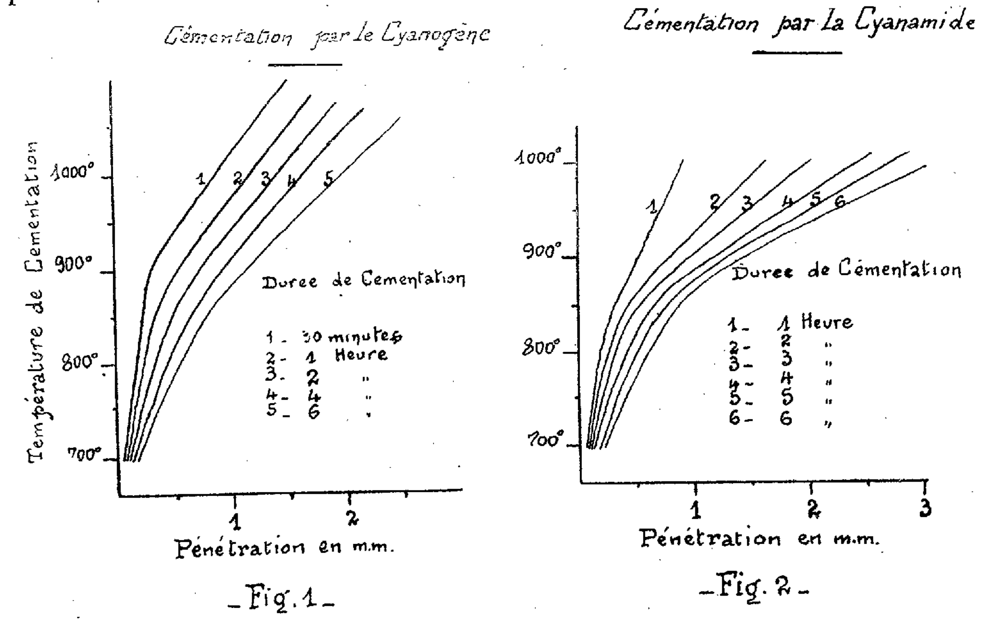
Les moyennes des principaux résultats numériques de l'étude de ces deux facteurs sont donnés par la figure 1.

2° *Influence de la pression.* — J'ai étudié ce facteur pour des pressions inférieures à 760^{mm} de Hg. Son influence est négligeable sur la pénétration totale. Il paraît donner lieu à un développement plus important de la zone

---

(1) Séance du 22 novembre 1926.

hypereutectoïde, mais cet effet peut être aussi attribué au renouvellement de l'atmosphère que l'on est obligé d'assurer pour maintenir les plus basses pressions.



- Fig. 1 -

- Fig. 2 -

3° *Influence du renouvellement gazeux.* — On constate une très grande influence de ce facteur (tableau ci-après), toutes choses égales d'ailleurs, la pénétration totale passe de $1^{mm},40$ à $1^{mm},70$ en renouvelant deux fois l'atmosphère; quant à la zone hypereutectoïde, elle devient cinq fois plus importante.

Temps de séjour.	Pénétration observée à 1000°. Hyper-eutectoïde.	Eutectoïde.	Hypo-eutectoïde.	Total.
Une cémentation de 2 heures........	0,02	0,69	0,73	1,44
Deux cémentations de 1 heure.......	0,53	0,39	0,78	1,70

4° *Influence de la concentration.* — La dilution du cyanogène par l'air diminue la teneur en carbone des couches externes au profit des couches internes, la zone hypoeutectoïde s'accroît pendant que la zone hypereutectoïde tend à disparaître.

Conclusions. — Les résultats que j'ai obtenus sans renouveler l'atmosphère gazeuse sont sensiblement équivalents comme pénétration totale à ceux cités par d'autres auteurs pour les cémentations par l'éthylène et le méthane en circulation continue, ce qui paraîtrait indiquer, si toutefois les autres con-

ditions étaient identiques, en particulier la capacité des appareils, une supériorité du cyanogène au point de vue activité de cémentation.

B. Cémentation par la cyanamide. — J'ai pu cémenter par la cyanamide tricalcique tassée autour des échantillons sur 5mm d'épaisseur. Les résultats sont résumés dans la figure 2.

1° *Influence du temps.* — L'accroissement de la pénétration est régulier dans le temps aussi bien à haute qu'à basse température.

2° *Influence de la température.* — Pour tous les temps de séjour on observe un changement très net dans la vitesse de diffusion entre 850 et 880° (*fig.* 2); un phénomène identique a été observé pour le cyanogène.

Comparaison entre les cémentations par le cyanogène et la cyanamide. — La pénétration totale est moindre avec le cyanogène en atmosphère non renouvelée, mais par contre la zone hypereutectoïde fait défaut dans la cémentation à la cyanamide. L'aspect micrographique est le même, notamment aux basses températures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode de préparation de valérolactones α substituées.* Note de M. Georges Darzens, présentée par M. Moureu.

J'ai montré dernièrement que l'acide benzylallylacétique se cyclisait sous l'influence de l'acide sulfurique pour se transformer en acide tétrahydrométhylnaphtalène-carbonique ([1]).

Dans ce travail j'ai signalé que le rendement de cette réaction ne dépassait pas 50 pour 100 par suite de la production simultanée d'un corps neutre facile à séparer de l'acide tétrahydronaphtalénique par épuisement à l'éther du produit de la réaction, rendu alcalin à l'aide d'un excès de carbonate de soude.

L'étude de ce produit neutre m'a amené à reconnaître qu'il était constitué par l'α-benzylvalérolactone non encore connue, et prenant naissance en vertu de l'équation

$$C^6H^5-CH^2-\underset{\substack{|\\ CO^2H}}{CH}-CH^2-CH=CH^2 \rightarrow C^6H^5-CH^2-\underset{\substack{|\\ CO}}{CH}-CH^2-\underset{\substack{|\\ O}}{CH}-CH^3$$

(avec liaison CO—O)

Cette nouvelle lactone se présente sous l'aspect d'une huile incolore d'odeur basalmique très faible qui distille à 188°-190° sous 20mm. Traitée à

([1]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 748.

chaud par une lessive de soude, elle se dissout facilement sous forme du sel de soude de l'acide α-benzyl-γ-oxyvalérique. Cet acide est précipité de la solution limpide par un acide minéral, mais il se lactonise de nouveau avec une si grande facilité qu'il ne m'a pas été possible de l'isoler à l'état de pureté.

En aucune circonstance la benzylvalérolactone n'a pu être transformée en acide tétrahydronaphtalène-carbonique. Dans la cyclisation naphtalénique de l'acide benzylallylacétique, la formation de la lactone ne doit donc pas être considérée comme une réaction intermédiaire, mais bien comme une réaction colatérale et indépendante.

En vue de généraliser cette réaction, j'ai traité par l'acide sulfurique, et dans les mêmes conditions, des acides alcoylallylacétiques.

Le groupe alcoyl ne permettant plus la cyclisation hydronaphtalénique, on pouvait espérer ainsi obtenir uniquement des α-alcoylvalérolactones suivant l'équation

$$\underset{\displaystyle CO^2H}{R - \overset{}{CH}} - CH^2 - CH = CH^2 \rightarrow R - \underset{\displaystyle CO\text{————}}{CH} - CH^2 - \underset{\displaystyle O}{CH} - CH^3$$

C'est ce que l'expérience a pleinement vérifié, et il en résulte une méthode générale d'obtention des α-alcoylvalérolactones encore peu connues.

On commence par préparer l'éther malonique monoalcoylé en traitant, suivant la méthode classique, l'éther malonique sodé par le bromure du radical alcoolique considéré. L'éther monoalcoylé ainsi obtenu est à son tour allylé par l'action du bromure d'allyle sur son dérivé sodé. L'éther allylé est ensuite saponifié par la soude diluée, et l'acide correspondant est décomposé par chauffage et distillation dans le vide, ce qui donne, par perte de CO^2, un acide alcoylallylacétique.

Cet acide est enfin lactonisé en le chauffant à 90° avec deux fois son poids d'acide sulfurique à 80 pour 100. La lactone formée est extraite à l'éther, après neutralisation au carbonate de soude. Les rendements sont, en général, très satisfaisants.

En vue de comparer les odeurs des α-alcoylvalérolactones avec celles des lactones normales de poids moléculaire élevé, qui présentent toutes, comme on sait, des odeurs particulièrement intenses, j'ai préparé par cette méthode l'α-isobutylvalérolactone et l'α-isooctylvalérolactone de poids moléculaire également élevé, et non encore connues.

La première distille à 119-120° sous 16^{mm}, la seconde à 165-170° sous 18^{mm}. Toutes deux sont des huiles incolores d'odeur très faible.

On doit donc conclure que, si la fonction γ-lactone est essentiellement

odorigène, seules les substitutions en γ intensifient l'odeur, comme dans l'undécalactone normale qui présente une forte odeur de pêche.

Au contraire, l'α-benzylvalérolactone et les α-alcoylvalérolactones de poids moléculaire élevé ne présentent pas d'odeur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réalité de la transposition semipinacolique; stabilité comparée des oxhydryles secondaires et tertiaires.* Note de M. **M. Tiffeneau** et Mlle **J. Lévy**, présentée par M. A. Béhal.

Les aryldialcoylglycols, de formule générale Ar.CHOH.C(OH)RR, peuvent subir, par perte d'eau sous l'influence des agents de déshydratation ou parfois même sous l'action de la chaleur, des modifications de structure qui sont différentes suivant le réactif employé et qui proviennent de ce que l'oxhydryle éliminé est tantôt le tertiaire, tantôt le secondaire.

C'est ainsi que, généralement, l'acide sulfurique dilué (¹) et la chaleur (²) provoquent l'élimination de l'oxhydryle tertiaire et conduisent à des aldéhydes formées suivant le schéma (I) (transposition semihydrobenzoïnique). L'acide sulfurique concentré fournit, au contraire, un produit cétonique (³) par élimination de l'oxhydryle secondaire suivant le schéma (II) (transposition semipinacolique) :

Ar.CHOH.COH.RR $\xrightarrow{-H^2O}$ Ar.CH.C.RR (—O—) ⟶ RR.C(Ar).CHO

(I).
Transposition semihydrobenzoïnique
(élimination OH tertiaire).

↓ par SO^4H^2 concentré. (III).

Ar.CHOH.COH.RR $\xrightarrow{-H^2O}$ Ar.CH.C.RR (—O—) ⟶ Ar(R).CH.CO.R

(II).
Transposition semipinacolique
(élimination OH secondaire).

(¹) Tiffeneau et Dorlencourt, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, **16**, 1909, p. 237.

(²) Tiffeneau et Jeanne Lévy, *Bull. Soc. Chim.*, 7e série, **33**, 1923, p. 735.

(³) Tiffeneau et Orékhoff, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 387. — J. Lévy, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **29**, 1921, p. 820.

Un fait nouveau, récemment découvert par Daniloff ([1]) et confirmé par l'un de nous, en collaboration avec Orékhoff ([2]), tendrait à faire douter de la réalité de la transposition semipinacolique.

Il a été observé en effet que les aldéhydes trisubstituées, traitées par SO^4H^2 concentré, sont transformées en cétones suivant le schéma vertical (III). On pouvait donc supposer que l'obtention, à partir des aryldialcoylglycols, de cétones identiques à celles obtenues par l'action de SO^4H^2 concentré sur les aldéhydes provenant de ces mêmes glycols, ne résulte pas d'une transposition semi-pinacolique (schéma II), mais d'une transposition semi-hydrobenzoïnique (schéma I) suivie d'une transposition aldéhydo-cétonique (schéma III).

Les faits suivants, concernant la déshydratation de quelques aryldialcoylglycols, tendent à démontrer la réalité et l'individualité de la transposition semi-pinacolique.

1. *Déshydratation des aryldibenzylglycols* Ar-CHOH.C(OH)$(CH^2C^6H^5)^2$. — Quel que soit le degré de concentration de l'acide sulfurique employé, la déshydratation du phényldibenzylglycol ([3]) et de l'anisyldibenzylglycol par cet acide s'effectue avec élimination de l'oxhydryle secondaire et avec formation de cétone par transposition semi-pinacolique (schéma II); en aucun cas, on n'observe la formation d'aldéhyde trisubstituée. Avec le second de ces glycols, l'anisyldibenzylglycol, la démonstration est encore plus rigoureuse. Par simple chauffage à son point d'ébullition, ce glycol (P. F. 107°-108°) perd H^2O et se transforme en diphényl-1.4-anisyl-3-butanone-2 (oxime F. 90°-91°; semi-carbazone F. 138°-139°). S'il s'était formé intermédiairement l'aldéhyde trisubstituée (schéma I), celle-ci n'aurait pu s'isomériser par la chaleur seule.

2. *Déshydratation du phénylméthyléthylglycol* C^6H^5.CHOH.C(OH)$(CH^3)C^2H^5$. — Ce glycol donne naissance soit exclusivement à la phényl-3-butanone-2-(schéma II) par action de SO^4H^2 concentré ([4]); soit au phényléthylpropanal (schéma I) (Éb. 228-230°), semi-carbazone (F. 158-159°) par action de SO^4H^2 dilué (8 pour 100), soit encore à un mélange de ces deux produits en proportions variables suivant la concentration de l'acide employé. Or, l'aldéhyde formée ne se transforme en produit cétonique (schéma III) qu'exclusivement par action de l'acide concentré. Il faut donc admettre que sous l'influence de SO^4H^2 de concentrations variant entre 8 et 30 pour 100, le phénylméthyléthylglycol donne directement naissance à la phényl-3-butanone-2 par élimination de l'oxhydryle secondaire et migration du radical éthyle; il y a donc réellement migration semi-pinacolique.

Conclusions. — Les résultats ci-dessus permettent d'affirmer la réalité de

---

([1]) Daniloff, *Journ. Soc. Ch. russe*, **49**, 1917, p. 282; **51**, 1919, p. 97.

([2]) Tiffeneau et Orékhoff, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 67.

([3]) Orékhoff, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **25**, 1919, p. 174.

([4]) Tiffeneau et Jeanne Lévy, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **33**, 1923, p. 735.

la transposition semi-pinacolique. Ils conduisent également à conclure que la capacité affinitaire d'un anisyle et d'un hydrogène est supérieure à celle de deux radicaux benzyle, ce qui entraîne, pour l'anisyldibenzylglycol, une instabilité plus grande de l'oxhydryle secondaire et une élimination exclusive de cet oxhydryle lors de la déshydratation de ce glycol.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Présence de l'acide allantoïque dans le légume vert de* Phaseolus vulgaris. Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. Émile Roux.

1. Sur une simple coloration, prétendue spécifique du formol, que donnent, avec le réactif de Schryver, des extraits de feuilles concentrés par la *chaleur*, on avait cru pouvoir conclure à la présence, maintes fois cherchée et discutée, de cet aldéhyde dans les plantes. L'exactitude de la célèbre hypothèse de Baeyer sur l'assimilation chlorophyllienne du carbone ne saurait être ainsi établie, puisque le mélange hydrazinique de Schryver se colore aussi sous l'influence de l'acide glyoxylique et d'autres corps ([1]).

2. En recherchant la cause et les conditions de cette réaction du contenu cellulaire des feuilles, nous avons découvert que les sucs d'*Acer Pseudoplatanus* et de *Phaseolus vulgaris* acquièrent, *par chauffage*, la propriété de produire simultanément de l'urée et la même réaction colorée hydrazinique que le formol et l'acide glyoxylique ([2]).

3. Du légume vert de *Phaseolus*, ont été isolés et identifiés par l'analyse, sous la forme de leurs combinaisons xanthylées, deux uréides glyoxyliques : l'Allantoïne, dont la présence chez ce végétal était inconnue, et un principe, qui n'avait pas encore été signalé chez les végétaux et les animaux, l'acide allantoïque ([3]) :

$$\begin{matrix} NH^2\,CO\,NH \\ NH^2\,CO\,NH \end{matrix}\Big> CH\,CO\,OH.$$

4. Dans la Note concernant nos premières recherches sur le *Phaseolus*, les questions suivantes ont été posées : « L'acide allantoïque, ainsi identifié par l'analyse, existe-t-il réellement tout formé dans la plante? Ne dérive-t-il pas, en partie ou en totalité, d'un autre principe, également encore inconnu chez les êtres vivants? »

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 869.
([2]) R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 637.
([3]) R. Fosse, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 175.

Les faits qui suivent expliquent et justifient cette réserve.

a. L'acide allantoïque se forme aisément *in vitro* aux dépens d'un autre uréide, l'acide uroxanique (Behrend et Schultz) (¹) :

$$\underset{\text{Acide uroxanique.}}{\begin{matrix}NH^2\,CO\,NH\\NH^2\,CO\,NH\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}COOH\\COOH\end{matrix}} \rightarrow CO^2 + \underset{\text{Acide allantoïque.}}{\begin{matrix}NH^2\,CO\,NH\\NH^2\,CO\,NH\end{matrix}\!\!>CH\,COOH.}$$

b. Comme l'acide allantoïque et les sucs de plusieurs végétaux, l'acide uroxanique dissous donne, sous l'influence de la chaleur, de l'urée et de l'acide glyoxylique colorant en rouge cerise le milieu phénylhydrazine-ferricyanure-acide chlorhydrique.

c. Comme l'acide allantoïque, l'acide uroxanique est précipité par le xanthydrol acétique. Le composé xanthyluroxanique, ainsi formé, se transforme en acide dixanthyl-allantoïque par simple cristallisation dans la pyridine.

Analyses. — Trouvé : N pour 100, 10,52, 10,53, 10,54.
Théorie pour $[NH^2.CO.NH]^2\,CH.COOH$: N pour 100, 10,44.

Les expériences qui suivent établissent que l'acide allantoïque existe réellement dans le suc du haricot vert.

5. *Rupture moléculaire des combinaisons xanthylées des acides uroxanique et allantoïque.* — Comme la xanthyl-urée et nombre de composés semblables, décrits par nous, ces deux substances se scindent au contact des acides minéraux en produisant un *sel de pyryle* (R. Fosse, 1902) et l'uréide correspondant.

Malgré leur très grande instabilité, les acides allantoïque et uroxanique peuvent être aisément isolés si l'on provoque leur mise en liberté à basse température.

6. *Séparation et caractérisation des acides uroxanique et allantoïque.* — Introduit-on quelques gouttes d'acétate de plomb dans la solution de l'uréide ainsi libéré, privé d'acide minéral et du composant pyranique, on voit apparaître des cristaux brillants, argentés, caractéristiques, dans le cas de l'acide uroxanique. La solution allantoïque demeure, au contraire, absolument limpide dans ces conditions.

7. *Recherche de l'acide uroxanique dans le produit xanthylé brut, fourni par le suc de haricot vert.* — Tandis que 2^{cg} de précipité xanthyl-uroxanique

(¹) BEHREND et SCHULTZ, *Liebigs Annalen*, 365, 1909, p. 34.

hydrolysé permettent d'obtenir, en quantité notable, des cristaux d'uroxanate de plomb, 20^{cg} de produit xanthylé brut, provenant du haricot, ne donnent pas trace de ce sel caractéristique, dans les mêmes conditions.

La liqueur d'hydrolyse de la combinaison xanthylée du haricot produit avec intensité toutes les réactions de l'acide allantoïque :

Réaction colorée glyoxylique et formation d'urée après chauffage ;

Précipitation d'acide dixanthyl-allantoïque par le xanthydrol ;

Précipitation de flocons volumineux par l'acétate mercurique.

8. Le xanthydrol acétique provoque dans le suc d'*Acer pseudoplatanus* un abondant précipité, que la cristallisation dans la pyridine transforme en acide dixanthyl-allantoïque, pur à l'analyse.

Analyses. — Trouvé : N pour 100, 10,63, 10,68, 10,56.
Théorie pour $[NH^2.CO.NH]^2 CH.COOH$: N pour 100, 10,44.

La méthode de recherche de l'acide uroxanique décrite dans cette Note, n'ayant pu être complètement mise au point qu'après la disparition des feuilles d'*Acer*, permettra, au printemps, de décider : 1° si cette plante contient de l'acide uroxanique ; 2° si cet uréide s'y trouve seul ou accompagné d'acide allantoïque.

MINÉRALOGIE. — *Sur la constitution des calcédoines et des quartzines.* Note de M. **L. Longchambon**, présentée par M. Fred. Wallerant.

Je groupe sous le nom de *calcédoines* les roches uniquement constituées d'opale et de silice cristallisée sous forme fibreuse (calcédoine, agate, etc.) et sous le nom de *quartzines* les formes fibreuses de la silice cristallisée (quartzine, calcédonite, lutécite, pseudo-calcédonite).

Les premiers minéralogistes avaient admis que les calcédoines n'étaient que des variétés fibreuses de quartz, mais de nombreuses recherches ont singulièrement compliqué la question. En dernier lieu Fenner (1) semblait avoir établi de façon formelle que la quartzine des calcédoines est une variété cristalline différente du quartz : ce minéral ne présenterait en effet aucune anomalie à 575° dans sa courbe d'échauffement, et aucune modification ne serait visible à cette température au microscope polarisant. Ces résultats s'accorderaient assez bien avec les données physiques que l'on

(1) Fenner, *Zeits. f. anorg. Chemie*, 85, 1914, p. 133.

possède sur les calcédoines, symétrie, densités et indices, et qui semblent différer de celles du quartz.

Mais on sait que par ailleurs l'école française de Minéralogie avec Michel-Lévy, Munier-Chalmas, Wyrouboff et Wallerant, engagée dans la voie tracée par Mallard, aurait établi que le quartz est un édifice complexe dû à des groupements de quartzine [1].

Il resterait en outre à expliquer également cette expérience de Fenner au cours de laquelle la calcédoine maintenue à 800° (domaine de stabilité du quartz) dans le solvant habituel a donné naissance à des quantités importantes de tridymite avant que le quartz apparaisse. On voit que l'ensemble des faits connus n'est pas cohérent : c'est pourquoi j'ai cru devoir reprendre l'étude des calcédoines, étude dont je présente les résultats essentiels.

1° L'analyse immédiate d'une calcédoine très pure de Madagascar montre que les fibres de quartzine sont agglomérées par de l'opale; sur 100^{g} de calcédoine on peut dissoudre, par attaque lente à CO^3Na^2 en solution à 15 pour 100, environ 1^{g},75 de silice amorphe, et la perte au feu correspondant à un départ de 1^{g},85 d'eau. Connaissant la densité de cette calcédoine (2,565), la densité de la silice amorphe (2,2) et celle de l'eau, on peut calculer la densité des fibres de quartzine en écrivant que le volume spécifique de la calcédoine est égal à la somme des volumes constituants. On trouve, pour une série de calcédoines d'origines diverses mais très pures, des nombres variant entre 2,651 et 2,655, c'est-à-dire *la densité du quartz*. On peut contrôler cette conclusion en mesurant la densité des fibres après la dissolution de l'opale; on trouve des valeurs comprises entre 2,64 et 2,65, l'écart avec la densité du quartz tenant à la difficulté de la mesure du fait de la petitesse des fibres qui retiennent de fines bulles d'air.

2° L'analyse thermique ou dilatométrique n'accuse aucune anomalie à 575°, comme l'a constaté Fenner, mais uniquement parce que le phénomène est masqué par le départ d'eau dans le cas de l'analyse thermique, et par une dislocation de la calcédoine due à cette même déshydratation dans le cas de l'analyse dilatométrique. Si l'on répète l'opération, ou si l'on opère avec une calcédoine ayant été chauffée brusquement à 1000° (température à laquelle il ne peut se former de quartz) on trouve l'anomalie classique à 575° avec une intensité comparable à celle du *quartz pur*.

3° Les radiogrammes obtenus par la méthode des poudres avec la

---

[1] Cette hypothèse est reprise par G. Friedel (*Leçons de Cristallographie*, Berger-Levrault, édit., 1926).

raie K_α du cuivre à partir du quartz pulvérisé et de la calcédoine en lame mince, présentant 11 raies très visibles *exactement superposables* (¹).

L'identité des deux radiogrammes confirme que le quartz et la quartzine ne sont qu'un même minéral à réseau sénaire. La *quartzine* est donc identifiée sans ambiguïté comme *variétés fibreuses du quartz*, et l'on doit en même temps renoncer à considérer le quartz comme une macle pseudo-paramorphe de quartzine.

La *calcédoine* doit donc être considérée comme une roche à 96 pour 100 de quartz fibreux et 4 pour 100 d'opale hydratée à 50 pour 100. Ce très haut degré d'hydratation est en parfait accord avec la perméabilité bien connue des calcédoines.

L'apparition de tridymite dans l'expérience de Fenner doit être rapportée à l'opale, mais peut également provenir de ce que les cristaux de quartzine ne représentent pas la forme stable du quartz et qu'ils doivent repasser en solution pour cristalliser en prismes bipyramidés.

Pour terminer, je ferai remarquer que l'identité du quartz et de la quartzine permet d'envisager très simplement les relations de ces deux corps :

1° L'orientation des fibres de quartzines sur le quartz entre dans le cadre général des accolements de cristaux à réseaux analogues.

2° Cette orientation à 120° des fibres entre elles n'est pas la *cause* du pouvoir rotatoire du quartz; mais l'enroulement des fibres est une *conséquence* de la dissymétrie de l'édifice, ainsi que cela se produit pour les substances *actives* étudiées par Wallerant et qui donnent par cristallisation rapide des sphérolites à fibres *enroulées*.

3° La biaxie de ces fibres, très variable d'un échantillon à l'autre, correspond à une déformation du quartz par cristallisation rapide en milieu sursaturé.

En résumé, cette façon d'envisager le quartz comme individu cristallin et la quartzine comme du quartz fibreux légèrement déformé semble plus près des faits que l'ancienne conception faisant du quartz une macle de la quartzine, et groupe d'une façon cohérente les relations de ces deux variétés d'un même minéral.

(¹) Ces deux radiogrammes ont été obtenus par M. Ch. Mauguin.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papavéracées. Les derniers stades du développement de l'embryon chez le* Papaver Rhœas *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

Dès que s'est produit le premier cloisonnement transversal des éléments primordiaux du périblème et du plérome, on peut, au niveau de la partie la plus renflée du proembryon du *Papaver Rhœas* [1], tirer un trait horizontal, correspondant à un plan équatorial, au-dessus et au-dessous duquel se trouvent un hémisphère supérieur et un hémisphère inférieur de composition cellulaire très rigoureusement symétrique (*fig.* 20).

L'élément supérieur, *l*, de la tétrade a donné un groupe de quatre à huit cellules épidermiques recouvrant quatre cellules circumaxiales, *iec'*, qui sont les initiales de l'écorce de la tige. Ce groupe cellulaire constitue une épiphyse très nette, comparable à celle que l'on observe chez le *Sagina procumbens* [2], mais dérivant d'une cellule plus jeune d'une génération et formant, au sommet de l'embryon, un promontoire conique toujours bien distinct jusqu'aux derniers termes de l'embryogenèse. Il est intéressant de remarquer que les éléments de l'épiphyse, déjà différenciés à un stade très jeune (*fig.* 18), demeurent indivis pendant tous le cours du développement et ne recouvrent leur activité méristématique qu'au moment de la germination.

Correspondant à l'épiphyse, dans l'hémisphère inférieur, on observe les initiales de l'écorce de la racine, *iec*, et les éléments issus de *d*, constituant le primordium de la coiffe. Les cellules du périblème et du plérome, des deux côtés du plan équatorial, semblent suivre, dans leurs segmentations, une marche tout à fait symétrique (*fig.* 21 à 24); celles de l'hémisphère supérieur représentent la partie cotylée, celles de l'hémisphère inférieur la partie hypocotylée. Le péricycle se différencie, au cours de cette période, par cloisonnement vertical des premières cellules circumaxiales de plérome.

Les cotylédons se développent aux dépens de deux cellules sous-épidermiques de l'hémisphère supérieur (*cc*, *fig.* 25), diamétralement opposées et situées dans le voisinage du plan équatorial. Par cloisonnement tangentiel, chacune de ces cellules donne intérieurement un élément qui sera la cellule mère du plérome cotylédonaire (*mv*, *fig.* 25); les cellules de périblème qui séparent cette cellule de l'épiderme, tant du

---

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Papavéracées. Développement du proembryon chez le* Papaver Rhœas *L.* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 902).

(2) R. Souèges, *Embryogénie des Caryophyllacées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Sagina procumbens *L.* (*Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 709). — *Les derniers stades du développement* (*Ibid.*, p. 894). Voir aussi *Développement de l'embryon chez le* Sagina procumbens *L.* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, **71**, 1924, p. 590).

côté supérieur que du côté inférieur de la protubérance nouvellement produite, constituent le méristème cortical interne et le méristème cortical externe du cotylédon (*mc'* et *mc*, *fig.* 26 et 27).

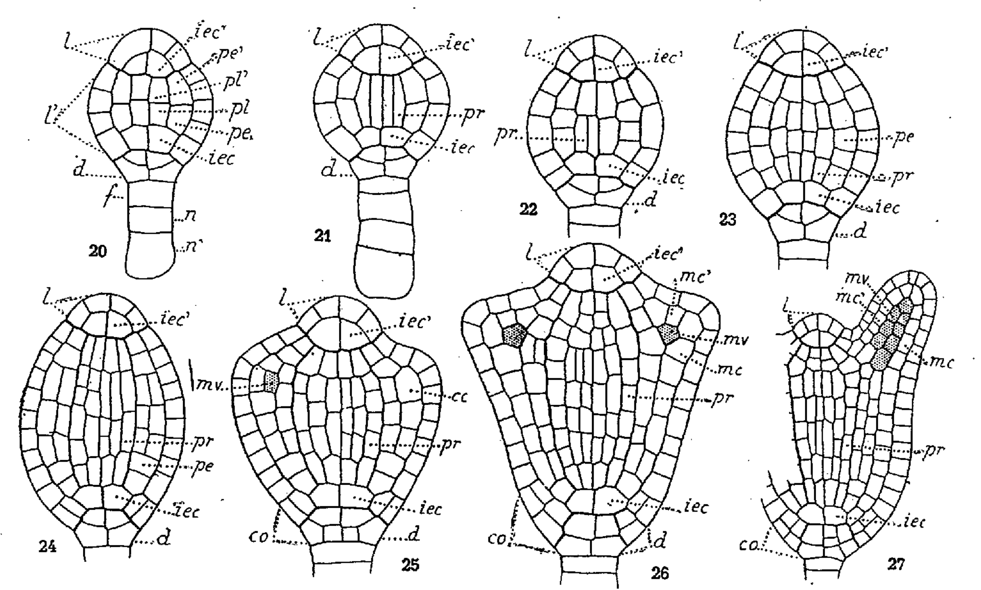


Fig. 20 à 27. — *Papaver Rhœas* L. — Les derniers stades du développement embryonnaire. *l*, épiphyse; *l'* partie cotylée et partie hypocotylée; *d*, portion centrale de la coiffe; *f*, *n* et *n'*, suspenseur; *iec'* et *iec*, initiales de l'écorce de la tige et de la racine; *pe'* et *pe*, périblème; *pl'* et *pl*, plérome; *pr*, péricyle; *mv*, méristème vasculaire du cotylédon; *mc'* et *mc*, méristème cordical interne et externe du cotylédon; *co*, coiffe. G. : 420; 220 pour la figure 27.

En résumé, si, à la période proembryonnaire, le *Papaver Rhœas* offre des ressemblances étroites avec les *Nicotiana*, on voit que, dans les derniers stades du développement, les destinées des éléments proembryonnaires font apparaître des différences catégoriques. La présence d'une épiphyse, la disposition symétrique des éléments par rapport à un plan équatorial, la marche très schématique et très rapide de la segmentation permettraient de rapprocher l'embryon du *Papaver Rhœas* de celui du *Sagina procumbens*; mais, dans ce cas encore, les destinées des blastomères séparent nettement les deux espèces. Les règles qui, somme toute, président à l'embryogenèse chez le *Papaver* sont assez particulières et bien définies. On pourrait aisément les exprimer par des formules précises, analogues à celles qui ont été établies au sujet d'autres types embryonnaires.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action du chlorure de potassium sur les sols non calcaires.* Note de MM. **A. Demolon** et **E. Natier**, présentée par M. Lindet.

Les phénomènes d'adsorption avec échange de bases ont été surtout étudiés jusqu'ici sur des permutites synthétiques (Ganssen, Ramann, J. de Sigmond, etc.). Il convient de rechercher dans quelle mesure les résultats ainsi acquis sont applicables au pouvoir absorbant des sols. L'un de nous a montré antérieurement ([1]) que l'adsorption de l'ion K de KCl se fait dans le sol par double échange avec l'ion Ca présent sous forme de combinaisons d'adsorption avec les colloïdes argileux et non par réaction directe du chlorure avec CO^3Ca. Nous étudierons ici particulièrement l'action de KCl sur divers types de sols naturellement exempts de carbonate de chaux.

1. *Fixation de l'ion K de KCl.* — Les résultats ci-après ont été obtenus par la méthode de percolation décrite antérieurement (solution KCl, 1 pour 100); ils sont exprimés en milligrammes pour 100^g de terre.

	1. Terre granitique (Corrèze). Argile = 11,6 %				3. Terre siliceuse (Sarthe).		4. Limon argileux (Aisne).		5. Argile colloïdale extraite du n° 4		6.	
	non chaulée.		2. chaulée.		Argile = 6,1 %.		Argile = 18 %.		décalcifiée.		avec CaO d'adsorption.	
on.	KCl fixé.	CaO déplacée.	KCl fixé.	CaO déplacée.	KCl fixé.	CaO déplacée.	KCl fixé.	CaO déplacée.	KCl fixé.	CaO déplacée.	KCl fixé.	CaO déplacée.
....	192	45	438	164	391	119	564	224	780	0	2180	818
....	67	4	69	35	65	23	102	50	0	0	768	322
....	0	0	53	29	0	0	54	31	–	–	276	184
....	–	–	35	20	–	–	40	23	–	–	229	117
tal KCl.	259		595		456		760		780		3454	

Les divers sols auxquels ils se rapportent ont été choisis intentionnellement exempts de carbonates terreux. De tels sols, même lorsqu'ils manifestent une légère acidité (1), peuvent encore retenir, à l'état de combinaisons d'adsorption avec l'argile, une réserve de calcium importante et très suffisante au jeu des réactions d'échange d'ions. Lorsqu'il en est ainsi, le rapport $\frac{\text{Ca déplacé}}{\text{K fixé}}$ est toujours très voisin de celui qui correspond à l'échange d'un ion Ca pour deux ions K, soit 0,50 (**2-4-6**). Lorsqu'on observe

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1235.

un abaissement de ce rapport attribuable à l'échange d'ions K avec des ions H (1 et 3), on peut considérer que le sol a besoin de chaux. C'est là un criterium nouveau qui nous paraît pouvoir être utilement ajouté à ceux déjà proposés au même point de vue. Inversement, l'apport de chaux (2-6) se traduit par le retour au rapport $\frac{Ca}{K} = 0,50$.

Dans tous les cas où les colloïdes humiques peuvent être négligés vis-à-vis des colloïdes argileux, nous avons observé que le pouvoir absorbant d'un sol à saturation exprimé en KCl représente 4 à 5 pour 100 du poids d'argile qu'il renferme (2-4-6). On voit de plus que la capacité d'absorption d'un sol vis-à-vis de la potasse s'accroît avec sa teneur en calcium adsorbé. Ceci confirme nos conclusions antérieures sur les rapports des ions K et Ca. Le chaulage doit être considéré comme un moyen d'accroître le pouvoir absorbant du sol vis-à-vis de la potasse.

2. *Influence de* KCl *sur la réaction des sols.* — Le chlorure de potassium a été considéré jusqu'ici comme acidifiant parce qu'il décalcifie. Cette conception n'est pas exacte, et la question est en réalité plus complexe.

	Terre					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
pH initial..................	5,6	8,7	7,05	7,9	3,4	8,4
pH en présence de KCl 1 %.	4,6	8,7	6,65	7,9	»	8,4
pH final après lavage........	6,65	8,7	7,8	7,9	4,2	8,4

Ainsi que nous l'avons déjà montré, en présence d'une réserve suffisante de calcium échangeable, on n'observe pas de variation du pH vers l'acidité (2-4-6). Par contre, dès que cette réserve s'abaisse suffisamment (1 et 3), il y a toujours une diminution marquée du pH (0,5 environ) lorsque la détermination se fait en présence de KCl (acidité d'échange). Toutefois, il s'agit là d'un phénomène imputable aux produits de la réaction et non au sol lui-même. L'acidité d'échange est soluble dans l'eau et lorsqu'on détermine à nouveau le pH en ayant soin d'éliminer par lavage l'ion Cl, on observe non pas une diminution du pH initial mais au contraire son relèvement vers l'alcalinité (1-3-5).

De là découle une conclusion pratique importante concernant l'emploi en agriculture du chlorure de potassium. Si son application se traduit dans certains cas par une augmentation *temporaire* de l'acidité du milieu, le résultat final sera pour les terres alcalines le maintien de leur pH initial, et pour les terres acides ou neutres, après lavage suffisant par les pluies, une diminution de leur acidité, corrélative de la substitution partielle d'ions K à des ions H libres.

PHYSIOLOGIE. — *Activité remarquable et origine nucléaire d'une substance anticoagulante extraite des ganglions mésentériques.* Note de MM. **M. Doyon** et **I. Vial**, présentée par M. Roux.

1. Nous avons prouvé il y a quelques mois la possibilité d'obtenir un corps non phosphoré, capable, à très faible dose, de s'opposer *in vitro* à la coagulation du sang, en maintenant à l'étuve un mélange ainsi constitué : tissu frais 1^{kg}; solution de chlorure de sodium à 5 pour 100, 2^{l}; chloroforme, 200^{cm^3}. Nous admettions que la substance active provenait des corps nucléiques des tissus. La présente Note est en faveur de cette origine. En prolongeant l'autolyse, on aboutit à un corps qui paraît être un nucléoside. Ce corps est capable d'empêcher totalement *in vitro* le sang de se coaguler, à la dose de 1^{g} pour 20 ou 30^{l} de sang et même d'exercer une certaine action à la dose de 1^{g} pour 50^{l}.

2. Nous avons utilisé 57^{kg} de ganglions mésentériques de bœuf. Le mélange fait dans les proportions indiquées, réparti dans des bonbonnes bien bouchées est conservé à l'étuve pendant 6 mois. On filtre. Le filtrat est ramené au quart de son volume par évaporation sur le bain-marie. On ajoute un volume d'alcool à 95°. On isole le précipité par centrifugation. On le chauffe avec 2 à 3^{l} d'eau distillée pendant 1 heure et demie au bain-marie bouillant. On ajoute au filtrat un volume égal d'alcool. S'il y a un précipité, on répète l'opération. Sinon, on ajoute deux volumes d'alcool et une quantité d'acide acétique suffisante pour avoir le pourcentage de 1 à 1,5 pour 100. Le précipité est isolé, séché sous la cloche, dissous à nouveau dans une solution alcaline faible. On filtre. On ajoute un volume égal d'alcool, puis goutte à goutte de l'acide acétique, *sans arriver à l'acidité*. On centrifuge. On redissout le précipité dans l'eau distillée. La substance active est précipitée par l'acide chlorhydrique ajouté goutte à goutte, lavée à l'alcool, à l'éther, séchée sous la cloche. Rendement inférieur à 10^{g}.

3. L'action anticoagulante peut être constatée si l'on reçoit directement du sang dans un mortier contenant des traces à peine visibles de substance active finement pulvérisée, et si l'on assure le mélange avec le pilon. On peut aussi dissoudre la substance dans une solution contenant pour 1000 d'eau distillée, 4^{g} de chlorure de sodium, 5^{g} de carbonate de soude : 5^{mg} peuvent suffire pour empêcher la coagulation de 100 et même 150^{g} de sang et per-

mettre la séparation du plasma. Cette séparation est toujours favorable et parfois nécessaire pour les masses importantes. Il faut proportionner les quantités de solvant et bien assurer le mélange.

4. Le corps actif paraît être un nucléoside et provenir de l'autolyse des acides nucléiques dont il ne diffère que par l'élimination du groupement phosphorique. Il est essentiellement constitué par un groupement hydrate de carbone allié à un groupement bases puriques. Il ne contient pas de phosphore ou des traces infimes de phosphore sans doute imputables à des impuretés. Il donne, après hydrolyse, la réaction de Fehling. Il fournit les cristaux argentiques caractéristiques des corps puriques. Il est franchement acide au tournesol, caractère peut-être en rapport avec la présence constatée d'un peu de soufre. Insoluble dans l'eau, soluble dans les solutions alcalinées, d'aspect brunâtre. Sans doute, beaucoup d'impuretés, et notamment du fer. Réactions de Millon et du biuret négatives.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'antagonisme de l'atropine et de l'adrénaline.* Note (¹) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. A. Desgrez.

A la suite des travaux de Pick, Meyer, Prochnow, Siccardi et Loredan, Hildebrandt, qui ont montré que l'atropine diminue ou même inhibe complètement l'excitabilité des vaso-constricteurs et par conséquent l'action vaso-constrictrice de l'adrénaline, Backmann et Lundberg Wheland (²), Nakazawa (³) et tout récemment Regniers (⁴) ont étudié l'antagonisme de l'atropine et de l'adrénaline. En pratiquant la perfusion du rein *in situ*, Nakazawa a constaté que l'atropine diminue fortement la vaso-constriction rénale provoquée par l'adrénaline. Wheland, en perfusant la grenouille par la méthode de Läwen-Trendelenburg, Regniers, en perfusant la tête de lapin, ont constaté que l'atropine peut invertir l'action de petites doses d'adrénaline, c'est-à-dire transformer l'action normalement vaso-constrictrice de cette substance en une action vaso-dilatatrice. Enfin chez l'animal

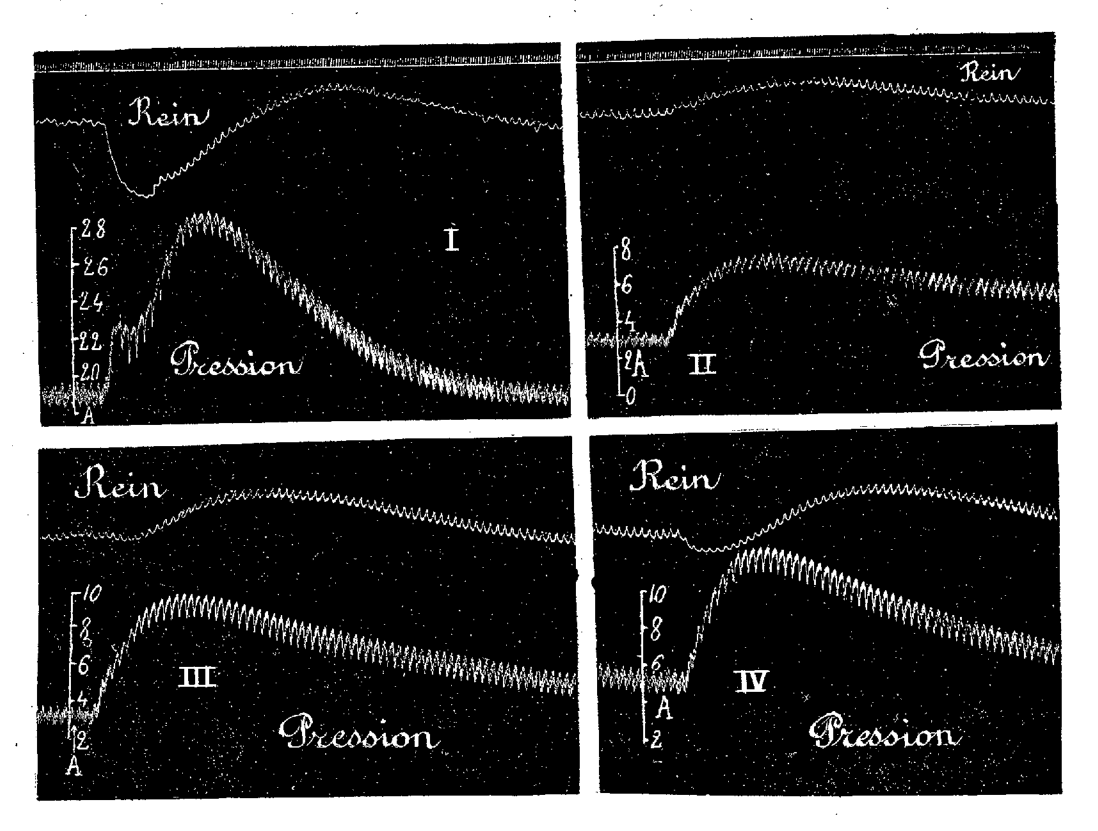
(¹) Séance du 22 novembre 1926.

(²) Nils Wheland, *Skandinav. Archiv d. Physiologie*, 45, 1924, p. 211-236.

(³) F. Nakazawa, *The Tohoku Journal of experiment. Medicine*, 5, 1924, p. 209 et 210.

(⁴) Regniers, *Archives internationales de Pharmacodynamie*, 31, 1926, p. 429-437.

in toto, Backmann et Lundberg ont observé que l'atropine non seulement diminue beaucoup l'hypertension provoquée par l'adrénaline, mais encore inverse l'action de celle-ci sur le rein, de telle sorte que, chez l'animal



Chien de 10^{kg}, chloralosané, ayant ses vagues coupés et soumis à la respiration artificielle. Temps en secondes. Tracé supérieur : enregistrement des modifications du volume du rein enregistrées par l'oncographe de Roy. Tracé inférieur : pression carotidienne enregistrée par le manomètre à mercure. En A injection de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline : I, première injection; II, injection chez l'animal ayant reçu 300 milligrammes de sulfate d'atropine (solution à 2 pour 100 dans le sérum physiologique) en 3 injections successives et égales; III, injection pratiquée 6 minutes après celle dont les effets ont été enregistrés en II; IV, injection pratiquée 6 minutes après celle dont l'action est enregistrée en III.

atropiné, cet organe n'est plus vaso-constricté mais vaso-dilaté par l'adrénaline.

Or nous avons montré précédemment [1] que la yohimbine et les alcaloïdes de l'ergot inversent l'action hypertensive de l'adrénaline, mais non pas son

---

[1] RAYMOND-HAMET, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 170.

action vaso-constrictrice rénale : chez le chien soumis à l'action de doses suffisantes de ces alcaloïdes, l'adrénaline ne détermine plus de vaso-constriction du rein mais ne provoque cependant pas de vaso-dilatation de cet organe qui se borne à suivre passivement les modifications de la pression artérielle. Si les affirmations de Backmann et Lundberg étaient confirmées, il faudrait admettre que l'action sympathicolytique de l'atropine est différente de celle de la yohimbine et des alcaloïdes de l'ergot. Mais nos expériences ont montré qu'il n'en est rien et que, par l'atropine comme par la yohimbine et les alcaloïdes de l'ergot, la vaso-constriction rénale provoquée par l'adrénaline est très précocement inhibée mais n'est pas inversée. On en trouve la preuve dans les tracés qui accompagnent la présente Note. Ces tracés montrent aussi que l'inhibition de la vaso-constriction rénale provoquée par l'adrénaline n'est que temporaire, car si l'on pratique successivement plusieurs injections d'adrénaline — chaque injection étant faite dès qu'a disparu l'effet sur la pression artérielle de l'injection précédente —, on constate que le pouvoir vaso-constricteur rénal de cette substance reparaît progressivement. Ces tracés montrent encore que, chez l'animal qui a reçu des doses même considérables d'atropine (30^{mg} de sulfate par kilo), l'adrénaline détermine encore de l'hypertension ; celle-ci est très réduite, il est vrai, lors de l'injection d'adrénaline qui suit presque aussitôt l'injection d'atropine, mais, lors de chaque injection subséquente d'adrénaline, elle augmente progressivement et se rapproche de plus en plus de la normale.

De ces faits, ainsi que de ceux que nous avons signalés précédemment, on est en droit de conclure que les vaso-constricteurs rénaux ont une sensibilité particulière à l'action non seulement de l'adrénaline [1], mais aussi de certains antagonistes de celle-ci (yohimbine, alcaloïdes de l'ergot, atropine).

ENTOMOLOGIE. — *Recherches sur la charge supportée par les ailes des Lépidoptères de diverses familles.* Note [2] de M. **P. Portier** et Mlle **de Rorthays**, présentée par M. Bouvier.

La charge supportée par l'unité des surfaces portantes constitue une des caractéristiques importantes des machines volantes.

---

(1) Jonescu, *Wiener klinische Wochenschrift*, 25, 1908, p. 513.

(2) Séance du 29 novembre 1926.

Il nous a paru intéressant de reprendre, avec des méthodes précises, cette détermination chez les Insectes et en particulier chez les Lépidoptères.

Chez ces Invertébrés, les surfaces portantes sont en effet plus faciles à apprécier correctement que chez les Oiseaux. L'insecte était, soit capturé dans la nature, soit obtenu d'éclosion. On avait soin, dans ce dernier cas, de ui laisser expulser avant la pesée son liquide intestinal.

La surface alaire était déterminée, soit en prenant le contour des ailes sur un papier millimétré, soit par pesée, au moyen d'un papier d'épaisseur bien calibrée sur lequel on décalquait le contour des ailes.

Les principaux résultats de nos recherches sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Espèces.	Poids.	Surface des ailes en cent. carrés.	Charge par mètre carré.	Observations.
RHOPALOCÈRES.				
	g	cm²	kg	
Vanessa atalanta	0,220	16	0,140	nature
Vanessa Io	0,209	15	0,139	»
Vanessa cardui	0,250	15	0,166	»
Pieris brassicæ	0,180	18,6	0,096	»
Argynnis lathonia	0,100	8,1	0,120	»
Limenitis populi	0,260	22,0	0,110	»
BOMBYCES.				
Ocneria dispar ♂	0,065	4,31	0,150	éclosion
» ♀	0,198	5,3	0,370	»
Lasiocampa quercus ♂	0,271	11,09	0,249	»
» ♀	0,881	13,29	0,663	»
Gastropacha quercifolia ♀	2,903	26,64	1,089	»
Odonestis potatoria ♂	0,365	10,32	0,354	»
» ♀	1,119	13,09	0,847	»
Phalera bucephala	0,273	5,1	0,530	»
Arctia caja ♂	0,516	11,03	0,[illegible]60	»
» ♀	0,609	10,84	0,553	»
Bombyx mori ♂	0,250	5,09	0,491	»
» ♀	0,558	6,7	0,832	»
Attacus Cynthia	1,807	57,0	0,317	»
SPHINGIDES.				
Smerinthus populi ♀	1,828	16,8	1,09	éclosion
Smerinthus ocellatus ♀	1,668	15,9	1,112	»
Sphinx ligustri ♀	2,500	20,0	1,250	»
Sphinx convolvuli	2,0	20,8	0,960	nature
Acherontia atropos	1,582	24,5	0,645	éclosion
Macroglossa stellatarum	0,5	4,7	1,060	nature

Espèces.	Poids.	Surface des ailes en cent. carrés.	Charge par mètre carré.	Observations.
NÉVROPTÈRES.				
Æschna grandis...........	0g,850	21cm²,06	0kg,400	»
HYMÉNOPTÈRES.				
Xylocopa violacea.........	0,8	2,6	3,077	»
Bombus terrestris..........	0,4	1,6	2,500	»

Ces données semblent suggérer les remarques qui suivent :

1° Les *Rhopalocères* (*Vanessa, Argynnis, Limenitis*, ...) sont, parmi les insectes examinés, ceux qui présentent la charge la plus faible par unité de surface (100 à 150g par mètre carré).

Il importe de remarquer que ce sont les seuls qui utilisent le vol plané (ou le vol à voile).

2° Les *Bombyces* possèdent une charge plus grande. Chez certaines espèces qui présentent un dimorphisme sexuel accentué, le mâle a une charge très inférieure à celle de la femelle : *Ocneria dispar* (en moyenne) : mâle, 140g; femelle, 400g.

Lasiocampa quercus (en moyenne) : mâle, 283g; femelle, 670g. Certaines femelles atteignent même 1kg par mètre carré.

On sait que les mâles de ces espèces se déplacent à la recherche des femelles qui ne volent plus.

L'étude de ce groupe nous montre déjà, d'ailleurs, que la charge par unité de surface n'est pas le seul facteur qui doive être pris en considération; le développement des muscles moteurs des ailes intervient aussi d'une manière importante.

C'est ainsi que, dans le Bombyx du mûrier, la charge par mètre carré est, en moyenne, de 320g pour le mâle et 806g pour la femelle.

On sait que, dans cette espèce, aucun des sexes n'a conservé la faculté du vol.

3° Chez les *Sphingides*, la charge par mètre carré est beaucoup plus élevée que dans les groupes précédents. Elle est ordinairement voisine de 1kg par mètre carré et dépasse quelquefois sensiblement ce poids. Elle est donc bien supérieure à celle des femelles de Bombyx. Ces papillons ont cependant un vol remarquablement puissant. C'est qu'ici les muscles alaires sont très développés, leur rythme rapide. La forme des ailes et en particulier leur longueur est un nouveau facteur dont il faut tenir compte. Dans le vol, l'extrémité de l'aile est, en effet, animée d'une vitesse beaucoup plus grande que la base.

4° Comme terme de comparaison avec les Lépidoptères nous avons étudié un Névroptère; la grande Libellule (*Æeschna grandis*), voilier remarquable, chez laquelle on a trouvé 400g par mètre carré charge assez forte, avec muscles remarquablement puissants, rythme très rapide.

Enfin deux Hyménoptères : *Xylocopa violacea* et *Bombus terrestris* nous ont donné des charges variant de 2kg,4 à 3kg, donc environ 30 fois plus fortes que chez les

Vanesses. Ici les muscles moteurs des ailes sont puissants et surtout leur rythme est très rapide; à tel point que le battement de ses ailes produit un son musical de tonalité élevée.

5° Nous remarquons enfin que les charges supportées par les ailes des insectes sont, d'une manière générale, très inférieures à celles qu'on attribue aux Oiseaux et à celles des avions (8 à 22^{kg} pour les biplans, 13 à 23^{kg} pour les monoplans, 19^{kg} pour l'avion sans moteur Magnan).

ZOOLOGIE. — *Sur la formation des vésicules rénales et le développement du rein chez* Ascidia mentula (*Müll.*). Note de M. **Maurice Azéma**, présentée par M. F. Mesnil.

Les travaux de van Beneden et Julin (¹), puis de Dalhgrün (²) ont conduit à admettre que les vésicules rénales des *Ascidiidæ* se développent aux dépens d'ébauches pleines, formées par la réunion de quelques cellules mésenchymateuses. Au milieu de cet amas apparaîtrait, par schizocœlie, une petite lumière, qui deviendrait ensuite la cavité de la vésicule rénale.

De nombreuses observations concordantes, faites sur du matériel frais, m'ont amené à des conclusions entièrement différentes.

Le mésenchyme bordant le rein de l'*Ascidia mentula* (Müll.) renferme de nombreuses cellules vacuolaires identiques à celles que l'on rencontre en abondance dans le sang de cette Ascidie. Mais, alors que les cellules vacuolaires du sang ne renferment, dans leur vacuole, aucun élément solide, celles-ci contiennent souvent une ou plusieurs petites concrétions, réfringentes, animées de mouvements browniens. L'apparition d'une concrétion, dans la vacuole de ces cellules, marque le début de leur différenciation en éléments excréteurs (*fig.* 1). En effet, ces cellules se multiplient par division autour de leur grande vacuole primitive et donnent des aspects proliférants rappelant ceux d'une cellule de levure (*fig.* 2). Elles arrivent ainsi à former des groupes allongés et irréguliers, des chaînettes de vésicules (*fig.* 4). Ces chaînettes représentent une suite d'ébauches encore réunies de vésicules rénales. Chaque ébauche présente déjà les caractères de la vésicule adulte. Sa cavité n'est plus colorable par les colorants vitaux; par contre des vacuoles ont apparu dans sa paroi; enfin la concrétion

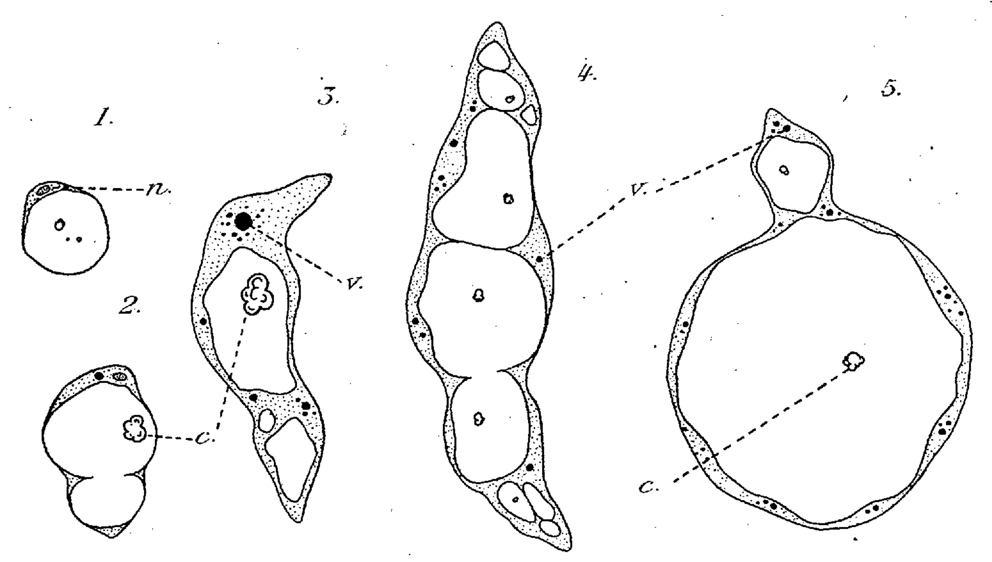
(¹) Van Benedev et Julin, *Recherches sur le développement postembryonnaire d'une Phallusie* (Ph. scabroïdes) (*Arch. Biol.*, 5, 1884, p. 611).

(²) W. Dahlgrün, *Untersuchungen über den Bau der Excretionsorgan der Tunicaten* (*Arch. f. mikr. Anat.*, 58, 1901, p. 608-640).

rappelle, par sa forme, celles que l'on rencontre dans de plus grandes vésicules. J'ai observé ces chaînettes à tous les stades de développement du rein.

Les vésicules rénales d'*Ascidia mentula* dérivent donc de cellules vacuolaires du sang qui viennent se fixer dans le mésenchyme et s'y transforment en vésicules rénales, en passant par les stades que nous venons d'indiquer sommairement. Les cellules vacuolaires libres présentent d'ailleurs déjà en puissance un pouvoir excréteur : elles excrètent en effet, dans leur vacuole, le carmin d'indigo injecté à une Ascidie vivante.

Le rein apparaît d'une façon précoce. Chez *Ascidia mentula*, dès la fixation du têtard, on trouve quelques vésicules rénales dont la disposition rappelle les chaînettes que nous venons de décrire.



1, cellule vacuolaire au début de sa différenciation; 2, cellule vacuolaire proliférant; 3 et 4, formation d'une chaînette de vésicules; 5, chaînette à deux éléments, dont l'un est déjà parfaitement individualisé en vésicule rénale; *n*, noyau; *v*, vacuole; *c*, concrétion. × 1350.

Chez les très jeunes individus (masse viscérale $< 0^{mm},5$), le rein se présente à un état diffus. Les vésicules semblent se développer, sans ordre apparent, dans le mésenchyme qui entoure l'estomac. Peu à peu, ce dernier est complètement recouvert par de nombreuses vésicules déjà groupées en un organe cohérent. A ce stade (Ascidies $< 1^{mm}$), on peut distinguer dans le rein quelques régions assez précises. Ainsi le bord dorsal de l'estomac est occupé par deux ou trois vésicules de grande taille, que l'on rencontrera d'une manière très constante, même sur des individus plus âgés. La paroi de l'estomac est recouverte de vésicules plus petites. Enfin, le bord

ventral est un lieu de prolifération active où se forment de nouvelles vésicules.

L'enveloppement complet de l'appareil digestif par le rein a lieu d'une façon progressive. Les vésicules rénales ne prolifèrent pas au hasard, dans le mésenchyme, mais seulement sur le trajet du tube digestif. On peut d'ailleurs distinguer *trois zones de prolifération* : respectivement œsophagienne, cardiaque et intestinale.

La dernière étape du développement du rein est loin d'être marquée par l'enveloppement complet du tube digestif. Ce stade est en effet déjà atteint chez des individus encore très jeunes (4 à 5^{mm}). A partir de ce moment, la prolifération des vésicules a lieu sur toute la périphérie de l'organe rénal, dont la croissance est étroitement liée à celle de l'appareil digestif qu'il entoure; et le rein croît en surface et en épaisseur, jusqu'à ce que l'Ascidie ait atteint sa taille adulte ($\geqq 10^{cm}$). La croissance de l'organe continue même sans arrêt, bien que d'une façon peut-être moins manifeste, pendant toute la vie de l'animal.

Cette croissance indéfinie du rein est rendue nécessaire par la physiologie même de l'organe. On sait en effet que le rein des *Ascidiidæ* est un rein d'accumulation. Il arrive un moment où les vésicules rénales les plus anciennes, en quelque sorte saturées, cessent d'être fonctionnelles. Il est nécessaire que, successivement, de nouvelles vésicules apparaissent pour les suppléer et assurer d'une façon continue une excrétion normale.

PROTISTOLOGIE. — *Les* Synophrya, *Infusoires parasites internes des Crabes. Leur évolution à la mue. Leur place parmi les* Fœttingeriidæ. Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Outre les *Polyspira* et les *Gymnodinioïdes*, Ciliés phorétiques sur les branchies des Crustacés décapodes, qui, nous l'avons montré, sont des *Fœttingeriidæ*, il existe chez les Crabes des Infusoires parasites, toujours enkystés, eux aussi, mais internes, en situation d'attente dans les sinus sanguins des branchies ou sous la carapace. Leur taille, leur aspect et leur structure, en particulier celle de leur appareil nucléaire, sont tels qu'en les faisant connaître, nous avions émis l'hypothèse qu'ils représenteraient des stades de l'évolution, chez les Crabes, des Ciliés parasites du foie et du rein des Céphalopodes : les *Opalinopsidæ*, dont le cycle et les affinités restent ignorés. Les recherches que nous avons poursuivies cette année pour véri-

fier cette hypothèse nous obligent à l'abandonner et nous font considérer ces Infusoires comme étant sans relations avec d'autres parasites actuellement connus. Nous créons donc pour eux le genre et l'espèce *Synophrya hypertrophica*.

Ces recherches nous ont, par contre, fourni la preuve que, comme les *Polyspira* et les *Gymnodinioïdes* externes, ces Infusoires internes évoluent exclusivement sous l'influence de la mue de l'hôte et que, comme eux, ils font partie de la famille des *Fœttingeriidæ*. Cependant, les analogies profondes qu'ils présentent avec les *Opalinopsidæ* des Mollusques nous ont amenés à rechercher si, à défaut de relations ontogénétiques, l'étude minutieuse des *Chromidina* et des *Opalinopsis* ne révélerait point entre les deux familles de signes d'une parenté phylogénétique. Disons seulement ici, nous réservant de les exposer ailleurs, que nous avons acquis de fortes raisons de voir dans les *Opalinopsidæ* de très proches parents des *Fœttingeriidæ* et que la seconde de ces familles nous semble devoir se fondre ultérieurement dans la première en vertu des priorités.

Les faits nouveaux concernant la connaissance des *Synophrya* peuvent se résumer ainsi :

1° Le *Portunus depurator*, chez lequel nous avons trouvé les *Synophrya* à Banyuls, est parasité aussi à Roscoff et avec lui les *Portunus pusillus* et *puber*. Grâce à du matériel qui nous a été fourni par Mlle E. Basse, nous avons constaté que les *Carcinus mænas* de Penpoull sont infectés dans la proportion d'environ 15 pour 100, tandis qu'ils ne le sont point à Roscoff même. Le parasite se trouve déjà chez des *Carcinus* de moins de 3^mm^ de largeur.

Tandis que, chez les *Portunus*, on n'observe jamais de kystes de *Synophrya* ailleurs que dans les branchies, on en trouve chez le *Carcinus mænas* dans les scaphognathes, dans les pattes, sous le bouclier céphalothoracique et surtout dans la paroi interne de la cavité branchiale. La plupart de ces kystes sous-tégumentaires sont accolés à la chitine et l'hypoderme fait défaut à leur niveau. A cette lacune de l'hypoderme correspond, après la mue, lors de la formation de la nouvelle carapace, une boutonnière plus ou moins béante de celle-ci et qui, dans certains cas, peut faire communiquer largement la cavité branchiale avec l'extérieur par la face dorsale du crabe. Ces lésions sont bien visibles à l'œil nu et fréquents sont les crabes de Penpoull qui les présentent.

3° Nous avions pensé tout d'abord que les parasites, qui sont manifestement en position d'attente sous leur double kyste, n'évoluaient qu'ingérés

par un second hôte. Nous savons maintenant que c'est la mue du Crabe qui déclenche leur évolution. Mais tandis que chez les *Polyspira* et les *Gymnodinioides*, c'est seulement le dékystement qu'elle détermine, c'est ici d'abord la multiplication du Cilié hypertrophique et synénergide qu'elle provoque, et ceci d'une manière très précoce. Il faut saisir la mue tout à son début pour trouver les stades de cette multiplication et les plus reculés nous ont jusqu'ici échappé. Le processus est une palintomie désordonnée participant de la syntomie. La masse se découpe en masses secondaires qui se fragmentent elle-mêmes d'une manière irrégulière. Elles n'en produisent pas moins des tomozoïtes tous semblables entre eux, qui sont libérés en grand nombre. Chacun d'eux a un macronucleus cylindrique et un micronucleus. Celui-ci n'apparaît que tardivement, la palintomie étant déjà très avancée. Le macronucleus résulte simplement du tronçonnement du réseau chromatique du palintomonte.

4° Les tomozoïtes présentent les attributs caractéristiques des *Fœttingeriidæ*, en particulier la rosace décrite par Caullery et Mesnil chez la *Fœttingeria* adulte et que nous avons retrouvée dans tous les tomozoïtes des autres formes. La place des *Synophrya* est donc fixée en toute certitude à côté des genres *Polyspira*, *Gymnodinioïdes*, *Spirophrya*, *Fœttingeria* et *Pericaryon* qui constituent aujourd'hui la famille, et auxquels viendront s'adjoindre les *Opalinopsis* et les *Chromidina*.

5° Dans la baie de la Penzé où les Crabes sont fréquemment infestés, les Céphalopodes ne le sont point. Seule une *Eledone cirrosa*, espèce très rare dans la Manche, nous a montré des *Chromidina*. Nous avons bien constaté que les *Opalinopsidæ* peuvent survivre plusieurs heures dans le sang des Crabes. Mais aucune infestation n'a pu être obtenue soit par ingestion, soit par innoculation des parasites de la *Sepia elegans* de Banyuls, le seul Céphalopode qui soit communément infesté. Négatifs aussi les essais d'infestation de jeunes *Sepia officinalis* avec les tomozoïtes des *Synophrya* issus des mues de Crabes. Mais l'*hypothèse* d'un second hôte ne doit pas cependant être abandonnée. Car il faut expliquer : 1° que, contrairement au cas des *Polyspira* et des *Gymnodinioïdes* qui, monoxènes, sont ubiquistes, les *Synophrya* ne se rencontrent que chez les Crabes de certains secteurs, 2° que l'infestation des Crabes n'ait pu être réalisée par les tomozoïtes issus des Crabes.

Quant à ce second hôte, on peut concevoir que le tomozoïte de *Synophrya*, comme celui des *Spirophrya*, des *Polyspira* et des *Gymnodinioïdes*, va former un kyste phorétique sur le tégument de quelque Crustacé et que

ce n'est qu'après la métamorphose subie sous ce kyste, métamorphose très profonde chez tous les *Fœttingeriidæ* phorétiques, qu'il est apte à continuer son évolution. Cette deuxième phase serait déterminée comme elle l'est chez les *Spirophrya* par l'ingestion du second hôte par le Crabe.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'oxydation biochimique du malate ferreux.* Note (1) de MM. **J. Wolff** et **J. Loiseleur**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous (2) a montré, dans divers champignons (*Lactaires, Russula delica, Russula fœtens, Russula emetica*), la présence d'une diastase oxydant d'autres composés que des phénols, tels que certains sels organiques de fer et douée d'une individualité propre, puisqu'il est possible de la séparer, par chauffage, des autres oxydases extraites parallèlement.

Nous avons étudié la nature diastasique et les propriétés de cette oxydase (qui a été provisoirement désignée sous le nom de ferrase, sans préjuger de ce que son étude ultérieure pourra nous apprendre), obtenue par macération du *Lactarius piperatus* dans la glycérine, en déterminant ses conditions d'action sur le malate ferreux à diverses concentrations.

1. *Action d'oxydation.* — Abandonnée à l'air, une solution de malate ferreux s'oxyde spontanément; mais cette oxydation n'est jamais complète. L'oxydase provoque dans le sel ferreux une transformation totale, dans une durée qui peut varier de quelques minutes à 24 heures, selon la concentration du sel et la dose de macération glycérinée.

D'autre part la diastase considérée agit bien comme vecteur de l'oxygène atmosphérique puisque, dans le vide, l'on n'observe pas de transformation du malate ferreux.

2. *Influence de la réaction du milieu.* — En modifiant la réaction du milieu par introduction de quantités variables de phosphate de Na et d'acide citrique, selon la technique de Mc Ilvanic (3), et en notant le temps nécessaire à la transformation totale d'un essai contenant 10^{cm^3} de malate ferreux à 300^{mg} pour 1000 et $1^{cm^3},4$ de macération glycérinée, on constate que la transformation, très rapide lorsque $pH = 5$ (50 minutes) est encore possible vers $pH = 3$, quoique beaucoup plus lente (8 heures).

3. *Influence de la température sur la vitesse de la réaction.* — Des tubes, contenant chacun 10^{cm^3} de malate ferreux (600^{mg} pour 1000) et $1^{cm^3},4$ de macération diastasique, sont abandonnés à des températures différentes; on note le temps t nécessaire à l'oxydation totale du fer.

---

(1) Séance du 29 novembre 1926.

(2) J. Wolff, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 939.

(3) T. C. Mc Ilvanic, *Journal Biol. chem.*, **49**, 1921, p. 183-186.

Température.	t.
20°	1h,35
43	1,35
53	1,45
95	(non oxydé. Destruction de la diastase)

4. *Effet de la dialyse sur l'activité diastasique.* — Une macération aqueuse de *Lactarius piperatus* ou d'*Agaricus campestris* est soumise à la dialyse pendant 24 heures dans l'eau distillée à 18° en présence de toluène. On observe alors un abaissement considérable du pouvoir de la ferrase.

		Durée de l'oxydation totale.
(*Lact. p.*) 5^{cm^3} malate ferreux à 1485^{mg} pour 1000	+ 2^{cm^3} macération aqueuse non dialysée...	63'
	+ 2^{cm^3} » dialysée......	110
(*Agar. c.*) 5^{cm^3} malate ferreux à 300^{mg} pour 1000	+ 2^{cm^3} macération aqueuse non dialysée...	5
	+ 2^{cm^3} » dialysée......	30

Cette perte d'activité par dialyse est-elle due à la disparition de certains éléments minéraux? Nous inspirant des travaux de G. Bertrand, sur l'activation de la laccase par les sels de manganèse [1], nous avons essayé de restituer à la diastase une partie de son activité par l'addition de traces de SO^4Mn au liquide dialysé :

		Durée de l'oxydation totale.
(*Lact. p.*) 5^{cm^3} malate ferreux à 1485^{mg} pour 1000	+ 2^{cm^3} macération aqueuse dialysée........	110'
	+ 2^{cm^3} » + $\frac{1}{100\,000}$ SO^4Mn.	75
(*Agar. c.*) 5^{cm^3} malate ferreux à 300^{mg} pour 1000	+ 2^{cm^3} macération aqueuse dialysée........	30
	+ 2^{cm^3} » + $\frac{1}{100\,000}$ SO^4Mn.	24
	+ 2^{cm^3} » + $\frac{1}{50\,000}$ SO^4Mn..	15

Toutes choses égales d'ailleurs, des témoins sans oxydase ne subissent aucune modification. L'influence activante de traces de SO^4Mn sur le liquide diastasique dialysé se manifeste donc nettement ici.

En résumé, l'*oxydase provoque une oxydation totale du malate ferreux* (*entre* 20° *et* 50°). *Le phénomène se manifeste nettement en milieu acide. La dialyse affaiblit le pouvoir de la diastase qui peut être réactivée par addition de traces de* SO^4Mn.

---

(1) G. Bertrand, *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 1032 et 1355.

Au point de vue de la spécificité des oxydases, il est à remarquer que la teneur en oxydases diverses (laccase, tyrosinase, ferrase, etc.) semble différer avec chaque variété de champignons. Ainsi, avec des macérations glycérinées préparées exactement de la même façon, *Russula delica* contient de la ferrase et une laccase très active, alors que *Lactarius piperatus* contient surtout de la ferrase et agit à peine sur le gaïacol.

Observations sur la nature de la ferrase *et de certains systèmes oxydasiques, à propos de la Note précédente* (1), par M. **Gabriel Bertrand.**

J'ai cru devoir présenter à l'Académie, il y a quelque temps, une Note de M. J. Wolff sur l'oxydation biochimique du malate ferreux (2) et, aujourd'hui, celle de MM. J. Wolff et J. Loiseleur sur le même sujet (3) pour faciliter la publication de faits intéressants qui, peut-être, conduira à en faire découvrir de plus intéressants encore; mais je n'ai pas eu l'intention, en agissant ainsi, d'apporter mon assentiment à l'explication donnée par les auteurs, d'après lesquels il existerait une oxydase nouvelle, en l'espèce une *ferrase*, dans les tissus des champignons. Je pense plutôt, au contraire, que cette explication est prématurée et qu'il pourrait s'agir de tout autre chose que d'une oxydase.

Aucune séparation de substance n'a été réalisée par MM. Wolff et Loiseleur, de sorte que l'on ne peut dire si la ferrase possède les propriétés générales des autres substances diastasiques, ni si elle agit véritablement comme catalyseur et non en proportions stœchiométriques avec la substance passive. Les auteurs signalent bien que la substance considérée par eux agit comme vecteur de l'oxygène atmosphérique « puisque, dans le vide, l'on n'observe pas de transformation du malate ferreux », mais, d'une part, il a fallu faire bouillir dans le vide pour chasser toute trace d'oxygène libre et, d'autre part, il n'est pas mentionné que l'oxydation ait réapparu en laissant rentrer l'air. L'action inhibitrice de la chaleur, prise comme caractère diastasique, est insuffisante et l'on peut ajouter, à ce propos, que l'on s'en est trop souvent contenté dans des recherches analogues.

(1) Séance du 21 novembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 343.

(3) Voir ci-dessus, p. 1134.

Il me semble que l'existence, dans les extraits de champignons utilisés, d'une minime proportion d'un dérivé quinonique, volatil ou facilement décomposable par la chaleur dans les conditions de milieu où il se trouve, expliquerait tout aussi bien et plus simplement l'oxydation du malate ferreux que l'existence de la ferrase.

La présence de phénols (paradiphénol ou hydroquinone, bolétol, etc.) transformables en dérivés quinoniques par la laccase est très fréquente, sinon générale, chez les plantes. Ces phénols constituent, en association avec la laccase, des systèmes oxydasiques d'un ordre de complexité, et aussi d'activité, supérieur à celui de la laccase, ce dernier limitant son intervention aux composés aromatiques dont j'ai donné autrefois la constitution ([1]). Rien n'empêche, d'ailleurs, de supposer qu'un sel de fer puisse entrer à son tour dans la composition d'un système oxydasique nouveau doué de propriétés différentes de ceux qui en sont dépourvus. Il y aurait ainsi, à partir du manganèse pris comme point de départ, toute une série de système oxydasiques naturels, de plus en plus complexes, capables d'intervenir dans des conditions et sur des substances variées. De tels systèmes présentent une grande importance biologique : ils permettent, en effet, non seulement d'interpréter l'oxydation du malate ferreux et d'autres substances ([2]) par les sucs végétaux, mais, d'une manière plus générale, la formation par la cellule vivante, d'un grand nombre de principes immédiats, produits par oxydation.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action de la lumière du néon sur les bactéries.* Note de MM. **A. Philibert** et **J. Risler**, présentée par M. Daniel Berthelot.

On sait que l'action chimique et abiotique de la lumière est située dans la région ultraviolette du spectre; on rend cependant la plaque photographique sensible au vert, au jaune, à l'orangé, et au rouge, à l'aide de substances telles que : l'éosine, le bleu de méthylène, le violet de méthyle, le pinachrome, le pinacyanol, etc.

([1]) *Comptes rendus*, **122**, 1896, p. 1132.

([2]) Notamment de l'iodure de potassium. La libération de l'iode, attribuée par Bach et Chodat à une oxydase (*Ber. d. d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 1275 et 2468, et 37, 1904, p. 36) a été expliquée par Aso, en s'appuyant sur la présence de nitrites (*Bull. Coll. Agric. Tokyo*, 5, 1903, p. 481, et *Beihefte z. bot. Centralb.*, **18**, Ire partie, 1905, p. 319).

Dans les expériences qui suivent, nous nous sommes proposé d'étudier l'action *abiotique* des radiations lumineuses de grande longueur d'onde dirigées sur des cultures microbiennes que l'on sensibilise à l'aide d'une solution de violet de méthyle, par exemple. Avant les essais, nous avons vérifié tout d'abord que le pouvoir bactéricide du violet de méthyle, en solution aqueuse, ne saurait être imputé à une action chimique; en effet, la solution, conservée *à l'obscurité* et mise en contact avec des cultures microbiennes maintenues également *à l'abri de la lumière*, n'a manifesté aucun effet sur leur vitalité.

La lampe que nous avons choisie comme source lumineuse d'excitation est constituée par un tube luminescent au néon à électrodes de cuivre. Cette lampe est construite en forme de spirale montée sous un réflecteur; son intensité lumineuse est d'environ 350 bougies.

Le néon luminescent ne possède, ainsi que nous l'avons constaté, aucun pouvoir *abiotique* sur les bactéries.

L'intérêt de cette lampe consiste en ce que les principales radiations qu'elle émet sont absorbées par la solution de violet de méthyle.

Cette solution, comme l'a constaté Wratten, absorbe à peu près intégralement le spectre visible ($0^{\mu},7$ à $0^{\mu},4$).

Dans le cours de nos expériences, les cultures microbiennes en bouillon *sensibilisé* ont été placées à 3^{cm} de la lampe, dans des tubes à essai ou en boîtes de Petri. Des témoins *non sensibilisés* ont été exposés dans les mêmes conditions.

Après les irradiations, toutes ces cultures ont été repiquées et mises à l'étuve. Nous indiquons, dans le tableau ci-dessous, les résultats obtenus :

Espèces.	Bactéries sensibilisées.		Bactéries non sensibilisées.
	Temps nécessaire à la destruction (en minutes).	Sensibilisant.	
Staphylocoque doré.	1′	violet de M.	aucun résultat après 1 heure d'irradiation
B. diphtérique......	5′	»	»
Pneumocoque......	15′	»	»
Streptocoque.......	30′	»	»
Colibacille.........	aucun résultat après 2 heures d'irradiation	»	»

On voit par ce tableau le résultat donné par la sensibilisation. Le staphylocoque doré par exemple, qui ne peut être détruit après *une heure* d'irradiation dans un milieu *non sensibilisé*, est tué en *une minute dans le*

cas contraire. Dans les résultats positifs, nous avons constaté encore que les bactéries ont été détruites aussi vite en boîte de Petri qu'en tubes à essai.

Poursuivant nos expériences, nous avons remarqué cependant que le *bacille d'Eberth*, le *Para* A, le *Para* B, le *pyocyanique*, le *Proteus*, le *Shiga* n'ont pas été détruits après 30 minutes d'irradiation.

D'autre part des substances sensibilisatrices, telles que l'éosine, le bleu de méthylène, ne nous ont pas permis de stériliser le staphylocoque *même après des irradiations de* 1 *heure*.

Cette constatation ne nous étonnera pas si l'on pense que ces substances n'absorbent à peu près, d'une part, que le bleu et le vert, d'autre part, le bleu, le vert et le jaune. Elles restent donc *transparentes* pour la majeure partie des radiations émises par le néon luminescent.

Nous dirons, pour conclure, que le but de ces travaux est de montrer le grand intérêt que paraissent offrir les phénomènes de photo-sensibilisation concernant les milieux organiques soumis à l'action de radiations douées de faibles propriétés chimiques, mais d'un grand pouvoir pénétrant.

MICROBIOLOGIE. — *Transmission du* Treponema crociduræ *par deux* Ornithodorus (O. moubata *et* O. marocanus). Note M. E. **Brumpt**, présentée par M. F. Mesnil.

Le Spirochète, découvert en 1917 par André Leger dans le sang d'une Musaraigne (*Crocidura stampfli*) commune dans les égouts et certaines habitations indigènes de Dakar, présente par sa fréquence et son ubiquité parasitaire naturelle et expérimentale un grand intérêt théorique et pratique.

Ce germe, ainsi qu'il résulte des études d'André Leger (1917), d'A. Leger et Le Gallen (1917), de Marcel Leger (1923) et de C. Mathis (1926), se rencontre, dans la nature, dans le sang de la Musaraigne, où il fut découvert, ainsi que dans celui de divers Rats et Souris : *Mus decumanus*, *Mus coucha* et *Golunda campanæ*. Ce même parasite peut être inoculé expérimentalement aux espèces déjà signalées et de plus à divers Rongeurs : Rat blanc, Souris blanche, *Mus musculus*, *Mus rattus*, *Mus alexandrinus*, *Arvicola amphibius*, Gerbille, Lapin et à divers Singes : Cynocéphales, *Cercopithecus callitrichus* et *C. patas*.

Le Spirochète de la Musaraigne qui, par sa morphologie, est identique aux divers Spirochètes des fièvres récurrentes humaines transmises par les

Poux ou par les Tiques, est inoculable à l'homme ainsi que le fait a été démontré par C. Mathis (1926).

L'identité morphologique des Spirochètes des fièvres récurrentes humaines et de celui de la Musaraigne a fait penser à André et Marcel Leger, puis à Mathis, que cet Insectivore pouvait jouer le rôle de réservoir de virus d'une maladie de l'homme qui n'avait pas encore été trouvée parce qu'elle ne lui est pas transmise dans les conditions naturelles, ce qui ne veut pas dire qu'elle ne le sera pas un jour. En somme la Musaraigne constituerait un réservoir de virus en puissance comme l'a suggéré F. Mesnil dès 1917.

C'est dans le but de vérifier cette hypothèse que j'ai entrepris l'étude de la transmission du *Treponema crociduræ* par l'*Ornithodorus moubata*, transmettant normalement le *T. duttoni* et l'*Ornithodorus marocanus* qui transmet le *T. hispanicum* (1) découvert récemment par le Dr Sadi de Buen.

Les deux séries d'expériences, dont le détail est donné ci-dessous, montrent que le *Treponoma crociduræ* qui, dans la nature, est peut-être transmis par des Poux ou des Puces d'Insectivores et de Rongeurs, évolue facilement chez les deux espèces d'*Ornithodorus* africains.

1° *Expérience* 267 (VIII). — Environ 150 nymphes d'*Ornithodorus moubata* (2) neuves, provenant de tiques récoltées par moi dans des porcheries de l'Angola en 1923, sont mises le 20 octobre sur une souris très infestée avec le virus du Dr Mathis et sont gardées à l'étuve à 30° C. Elles muent vers le 1er novembre. Le 20 novembre, environ 70 nymphes sont broyées dans l'eau physiologique et le produit liquide est injecté dans le péritoine de jeunes rats (310 et 320), âgés de deux semaines, de la même portée que ceux inoculés dans l'expérience suivante. Le 24 novembre, quatre jours après l'inoculation, les deux animaux présentent des parasites dans leur sang, le nombre des Spirochètes s'accroît chaque jour et le 29 novembre, jour du dernier examen, on observe plus d'une centaine de parasites par champ à l'objectif 6 de Stiassnie.

2° *Expérience* 269 (VIII). — Une centaine de nymphes d'*Ornithodorus marocanus* (2) neuves, provenant de Tiques récoltées au Maroc en 1922 par M. Carteau, propriétaire à Bouznika, et par moi dans l'emplacement d'une ancienne porcherie, sont placées le 25 octobre sur une souris (265, VIII) inoculée avec le virus du

(1) Ce Spirochète, qui semble assez ubiquiste en ce qui concerne ses hôtes vecteurs puisqu'il est transmis par l'*Ornithodorus marocanus* (de Buen, 1926), par les Poux du corps (Ch. Nicolle et Anderson, 1926), peut également être transmis, d'après mes expériences, par l'*Ornithodorus moubata* et même par un Ixodiné, l'*Hæmaphysalis inermis*.

(2) Ces deux espèces d'Acariens ne présentaient pas de Spirochètes ainsi que diverses expériences témoins ont permis de le constater au cours de ces dernières années.

Dr Mathis. Les Tiques gorgées sont gardées à l'étuve à 30° C., muent et sont conservées jusqu'au 20 novembre. A cette date une cinquantaine d'exemplaires sont broyés dans de l'eau physiologique et le produit est inoculé aux trois rats, **316**, **317**, **318**, âgés de deux semaines. Dès le quatrième jour, date du premier examen, les rats 316 et 317 montrent des parasites dans leur sang; le cinquième jour les parasites sont présents chez ces trois animaux et augmentent rapidement de nombre les jours suivants. Ces trois jeunes rats succombent accidentellement le 27 novembre.

Les expériences qui viennent d'être signalées ci-dessus montrent donc que le réservoir de virus latent, constitué par les Insectivores et Rongeurs fréquentant l'habitation humaine à Dakar, pourrait jouer un rôle actif le jour où l'un des *Ornithodorus* dont j'ai montré le rôle pourra s'acclimater. Or si l'acclimatement de l'*O. moubata* est peu probable, il n'en est pas de même de celui de l'*O. marocanus* qui pourrait être importé du Maroc ou d'Espagne avec des Porcs de ces pays. Il y a là un danger que les Services de l'Élevage de l'Afrique occidentale feront bien de retenir.

La séance est levée à 16h.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1926.

Plant nutrition and crop production, by E. J. RUSSELL. Berkeley, University of California Press, 1926; 1 vol. 23cm.

Traité du calcul des probabilités et de ses applications, par ÉMILE BOREL et collaborateurs. Tome II, *Les applications de la théorie des probabilités aux sciences mathématiques et aux sciences physiques*; fasc. I : *Applications à l'arithmétique et à la théorie des fonctions*, par ÉMILE BOREL. Tome IV, *Applications diverses et conclusion*; fasc. I : *Applications au tir*, par J. HAAG. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 2 vol. 25cm,5.

Les réseaux (ou graphes) in *Mémorial des sciences mathématiques*, fasc. XVIII, par A. SAINTE-LAGUË. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 fasc. 25cm.

Leçons sur le carbone, la combustion, les lois chimiques, par H. LE CHATELIER. Paris, Hermann, 1926; 1 vol. 25cm.

Cours de physique générale. Tome Ier : *Unités, gravitation, électricité et magnétisme, ions et électrons, symétries*, 3e édition, par H. OLLIVIER. Paris, Hermann, 1927; 1 vol. 25cm,5.

Sur l'alternance des générations chez le Carpomitra Cabreræ *Kütz*, in *Bulletin de la station biologique d'Arcachon*, par CAMILLE SAUVAGEAU. Bordeaux, Siraudeau, 1926; 1 fasc. 23cm,5.

Nova Caledonia. Recherches scientifiques en Nouvelle-Calédonie et aux Iles Loyalty, par FRITZ SARASIN et JEAN ROUX. A. Zoologie. Vol. IV, Livre II : J. ROUX, *Crustacés décapodes d'eau douce de la Nouvelle-Calédonie*; K. W. VERHOEFF, *Isopoda terrestria von Neu-Caledonien und den Loyalty-Inseln*. Livre III : J. CARL, *Diplopoden von Neu-Caledonien und den Loyalty-Inseln*. München, 1926; 2 vol. 28cm,5. (Présentés par M. Louis Bouvier.)

Le communisme chez les insectes, par E.-L. BOUVIER. Paris, Ernest Flammarion, 1926; 1 vol. 19cm.

Les sociétés d'insectes, leur origine, leur évolution, par W. MORTON WHEELER. Paris, Gaston Doin et Cie, 1926; 1 vol. 17cm,5. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

Contribution à l'étude du graissage, onctuosité, influences moléculaires, par PAUL VOOG. Paris, Delagrave, 1926; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Marcel Brillouin.)

La vérité sur la législation française actuelle en matière de répression des fraudes du beurre et du lait, par AUGUSTE ELOIRE. Paris, Vigot frères, 1926; 1 vol. 24cm.

Réflexions sur l'utilisation future des énergies naturelles, vagues, chutes hydrauliques et barométriques, chaleur solaire, par MAXIME VINCENT. Paris, Fischbacher, 1924; 1 vol. 19^{cm}.

Histoire du Japon des origines à nos jours, par KATSOURÔ HARA. Paris, Payot, 1926; 1 vol. 23^{cm}.

Manuel pratique et technique de l'hybridation des céréales, par MICHEL MAYLIN. Paris, Librairie agricole de la maison rustique, 1926; 1 vol. 20^{cm},5. (Présenté par M. J. Costantin.)

Allopathes et homœopathes, par RENÉ MARAGE. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 23^{cm}. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Symboles et notations des mesures métriques et usuelles, par ADOLPHE BOUVIER. Mulhouse, Bader et Cie, 1926; 1 fasc. 25^{cm},5. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Les ions d'hydrogène, signification, mesure, applications, données numériques, par W. KOPACZEWSKI. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. 25^{cm},5. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Les bois de l'Indochine, par HENRI LECOMTE. Appendice : *Les caractères généraux de la forêt indochinoise*, par H. GUIBIER. — Atlas, in *Gouvernement général de l'Indochine, publications de l'agence économique*. XIII. Paris, Agence économique de l'Indochine, 1926; 2 vol. 32^{cm}.

Centenaire de la Société linnéenne de Normandie (1823-1923), par A. BIGOT. Caen, E. Lanier, 1926; 1 fasc. 23^{cm}.

Les blocs exotiques des environs de Luc-sur-Mer, d'après un travail de M. Edmond Hue, par A. BIGOT (in *Bulletin de la Société linnéenne de Normandie*, Caen, 1926).

Notice sur la géologie et les régions naturelles de l'Orne, par A. BIGOT. Paris, Librairie agricole de la maison rustique, 1926; 1 fasc. 24^{cm}.

Tunisie physique et administrative, Tunisie économique et touristique, cartes dressées par la COMPAGNIE FERMIÈRE DES CHEMINS DE FER TUNISIENS. Paris, Imprimerie Gaillac-Monrocq et Cie, 1926; 2 cartes 65 × 79.

ERRATA.

(Séance du 12 juillet 1926.)

Note de M. *Biernacki*, Sur le théorème de Lucas et ses généralisations :

Page 107, ligne 14, *au lieu de* $(n-1)$ zéros, *lire* un zéro; renvoi (²), *au lieu de* $(n-1)$, *lire* un.

(Séance du 20 septembre 1926.)

Note de M. *George D. Birkhoff*, Sur la signification des équations canoniques de la dynamique :

Page 518, ligne 26, *au lieu de* sont, *lire* deviennent; ligne 28, remplacer partout ξ par u et η par v; ligne 30, *au lieu de* $\varphi_i(\xi_1\eta_1, \ldots, \xi_m\eta_m)\xi_i\eta_i$, *lire* v_i^2.

Page 519, ligne 1, *au lieu de* où les séries $\varphi_i(u_1, \ldots, u_m)$ sont définies par le système d'équations partielles, *lire* où les nouvelles variables sont; ligne 2, remplacer la formule par $u_i = \log\frac{\xi_i}{\eta_i}$, $v_i = M_i$; lignes 5, 6, 7, remplacer partout ξ par u et η par v.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 13 DÉCEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

En ouvrant la séance, M. **CHARLES LALLEMAND** prononce l'allocution suivante :

MESSIEURS,

Une respectable tradition assigne à votre Président en exercice le devoir de rendre un dernier hommage à la mémoire des membres de notre Compagnie disparus dans l'année.

Par une heureuse et trop rare exception, cette pénible tâche se trouve aujourd'hui, pour moi, très allégée.

Depuis 131 ans qu'elle existe, notre Académie, chaque année, perd en moyenne trois de ses membres titulaires. Cinq fois seulement (1), aucun décès n'a eu lieu. Par contre, en 1885, la mort a frappé jusqu'à dix des nôtres. En vingt autres années, un seul vide s'est produit.

En 1926, nous avons perdu un membre non résidant, M. **GOUY**, un associé étranger, M. **KAMERLINGH ONNES**, et deux correspondants, Sir **PHILIPP WATTS** et M. **AIMÉ WITZ**.

GEORGES GOUY, mort le 27 janvier 1926 à Vals (Ardèche), y était né le 19 février 1854. Élu, en 1901, correspondant, et, en 1913, membre non résidant, il avait fait la plus grande partie de sa carrière à Lyon, comme Professeur à la Faculté des Sciences. La Physique lui doit de remarquables découvertes dans des domaines en apparence épuisés.

Ainsi, on admettait comme un axiome l'égalité entre la vitesse de la lumière, telle que l'ont mesurée Fizeau et Foucault, et celle d'une onde lumineuse individuelle. Gouy, dès 1880, montrait que cette égalité est

---

(1) En 1802, 1805, 1819, 1848 et 1858.

vraie seulement dans les milieux privés de dispersion. Autrement, la vitesse de l'onde dépend de la période. Renouvelée un an après par Lord Rayleigh, cette découverte ne trouva que beaucoup plus tard sa vérification expérimentale.

La propagation des ondes sphériques de faible rayon fournit à Gouy l'occasion d'une découverte non moins importante. Par rapport à une onde plane née au même instant, une onde sphérique, issue d'une source ponctuelle, ou convergeant vers un foyer, prend rapidement une avance dont le maximum atteint un quart de la période. D'où cette curieuse conséquence qu'en franchissant le foyer, l'onde subit une avance d'une demi-période; ce qui, dans certaines conditions, comme Gouy l'a montré, produit une inversion de franges d'interférence.

Dans les cas ordinaires de diffraction, si les rayons présentent une sensible déviation, la lumière cesse d'être observable. Gouy a fait voir que si l'on se sert d'un écran à bord très aigu, sur lequel on les concentre au moyen d'une lentille, ces rayons subissent une déviation pouvant atteindre 150° et, chose anormale, montrent des propriétés variables avec la nature de l'écran.

Enfin, Gouy a montré que les curieux mouvements moléculaires signalés par le botaniste Brown ne sont en rien influencés par les circonstances extérieures, telles que les variations de la température, les trépidations du sol, ou l'évaporation du liquide. Il en a conclu à l'identité de ces mouvements avec ceux des molécules des gaz, conception, depuis, universellement adoptée.

Kamerlingh Onnes, le grand maître du froid, né à Groningen (Hollande) le 21 septembre 1853, mort à Leyde, le 21 février dernier, avait été élu, en 1920, Correspondant de notre Section de Physique, puis, en décembre 1925, Associé étranger, siège qu'il aura ainsi occupé durant 3 mois à peine.

Après avoir été l'élève de Kirchhoff, il avait fondé à Leyde, en 1882, ce laboratoire de Physique qui devait bientôt devenir célèbre dans le monde entier. C'est là qu'il a réalisé, sous le nom de *cryostats,* de remarquables appareils où l'on peut obtenir à volonté et maintenir constante une température quelconque comprise entre la température ordinaire et celle de l'air liquide. L'azote s'y liquéfie facilement. Une légère détente suffit ensuite pour liquéfier à son tour l'hydrogène et même, en y ajoutant l'action du vide, pour le solidifier à la température de — 259°.

En 1908, Kamerlingh Onnes parvenait à liquéfier l'hélium, dont le point critique n'est qu'à 5° au-dessus du zéro absolu. En faisant bouillir le liquide, il descendait encore de 4 degrés, soit à 1° absolu.

Cette année même, l'un de ses élèves achevait le cycle, en solidifiant l'hélium.

Comprimant, jusqu'à liquéfaction partielle, un mélange convenable d'hélium et d'un autre gaz, Kamerlingh Onnes avait aussi réalisé le spectacle paradoxal d'une nappe liquide flottant sur une couche de gaz plus dense que lui.

Il a enfin attaché son nom à cette grande découverte de la *supraconduction*, qui est la propriété, pour certains corps, tel le mercure, de perdre, sous l'action d'une température décroissante, leur résistance électrique, progressivement d'abord, puis à un moment donné, brusquement et d'une manière à peu près complète, ce qui permet d'y faire passer, sans échauffement appréciable, des courants très intenses; et même, en circuit fermé, ces courants, chose curieuse, subsistent longtemps encore après disparition de la cause qui les a produits.

Aimé Witz, doyen honoraire de la Faculté libre des Sciences de Lille, où il est décédé le 25 janvier de cette année, était né, le 23 avril 1848, à Cernay (Haut-Rhin), et avait été, le 15 avril 1907, élu Correspondant de notre Section de Mécanique.

Il est surtout connu par ses nombreuses et savantes études de thermodynamique et d'électricité. Sa théorie des moteurs à gaz est aujourd'hui classique. Il s'était fait l'apôtre de l'emploi des gaz de hauts fourneaux, et il a montré que, dans certains cas, le « gaz à l'eau » fournit plus d'énergie que la vapeur. Pour les moteurs à explosion, il a mis en évidence le rôle essentiel des hautes températures et des pressions élevées, comme l'utilité des rapides détentes. L'apparition du moteur Diesel est venue pleinement confirmer l'exactitude de ses vues à cet égard.

A la suite de Hirn, Aimé Witz a élucidé la question, longtemps controversée, des enveloppes de vapeur; grâce à lui, la puissance de vaporisation des chaudières s'est accrue dans une mesure inconnue jusque-là.

Par des expériences variées, il a déterminé la quantité d'énergie effectivement transformée en lumière dans les divers modes d'éclairage. Au lieu de brûler directement un gaz combustible, il y aurait souvent, d'après lui, plus d'économie à l'utiliser dans un moteur à explosion, pour actionner une dynamo.

Le nom d'Aimé Witz restera celui d'un maître éminent de l'Ecole alsacienne.

Sir **Philip Watts**, né à Greenwich le 30 mai 1846 et mort à Londres le 15 mars 1926, était, depuis le 4 novembre 1918, notre Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation.

Attaché, dès ses débuts, au service de l'Amirauté, où il est resté jusqu'en 1885, il a pris part à l'étude des premiers cuirassés à tranches cellulaires.

Devenu ensuite chef du département naval de la maison Armstrong-Withworth, il a présidé à la construction de nombreux navires de guerre pour la Grande-Bretagne et divers pays étrangers.

Mis, en 1902, à la tête de la section des constructions navales de l'Amirauté, il faisait mettre en chantier, deux ans plus tard, le fameux *Dreadnought* qui a rendu célèbre son nom. On lui doit aussi les plans des premiers *Superdreadnought*.

Sir Philip Watts s'était livré à des études approfondies sur le roulis des navires et sur les moyens de le diminuer par l'addition de *waterballast*, autrement dit de caisses à eau.

Par ma voix, l'Académie adresse un souvenir ému à la mémoire de ces éminents confrères, trop tôt enlevés à notre estime et à notre affection.

Et maintenant il me reste l'agréable mission de saluer les nouveaux élus qui, cette année, sont venus prendre leur place dans nos rangs :

M. Georges Perrier, élu le 22 février dans la section de Géographie et Navigation, en remplacement de *Louis Gentil;*

M. Camille Matignon, élu le 1er février dans la section de Chimie, en remplacement d'*Albin Haller;*

M. Jean Charcot, élu le 22 mars dans la section des Membres libres, en remplacement d'*Eugène Tisserand;*

M. Victor Grignard, élu le 7 juin membre non résidant, en remplacement de *Wilfrid Kilian*,

et M. Pierre Weiss, élu le 21 juin membre non résidant, en remplacement de *Georges Gouy;*

Puis trois correspondants :

M. Niels Erik Nörlund, élu le 14 juin dans la section de Géométrie, en remplacement de *Claude Guichard;*

MM. Léon Fredericq et Émile Forgue, élus les 1er et 29 mars dans la section

de Médecine et Chirurgie, en remplacement de *Jean Bergonié* et d'*Antoine Depage*.

A tous, au nom de notre Compagnie, je souhaite la bienvenue.

Dans l'une des dernières séances publiques, l'un de mes prédécesseurs traçait un impressionnant tableau des conquêtes réalisées dans ses diverses branches, par la Science, depuis le début du XIXe siècle. Je me bornerai à y joindre quelques traits relatifs aux sujets qui me sont le plus familiers.

Un mot, d'abord, sur les marées de l'écorce terrestre.

Sous la double attraction de la Lune et du Soleil, combinée avec la rotation diurne de la Terre sur elle-même, les eaux des océans subissent des oscillations périodiques journalières; ce sont les *marées*.

Depuis longtemps on se demandait si, étant soumise aux mêmes influences, la partie solide de notre planète ne subit pas de déformations analogues.

Mais le cas échéant, comment les mettre en évidence?

Pour déceler un mouvement, il faut avoir des points fixes de comparaison. A l'égard des marées océaniques, ces repères sont fournis par les côtes, supposées stables. Aussi les marées ne sont-elles observables que le long des rivages. Le pêcheur, au large, les ignore. Si au lieu de couvrir les trois quarts du globe, les océans l'eussent enveloppé tout entier, et si l'homme eût dû vivre sur des îles flottantes, jamais il n'aurait soupçonné l'existence des marées. Tel est précisément notre cas vis-à-vis des mouvements de l'écorce.

Nous manquons totalement de repères. Comment y suppléer?

Considérons un fil à plomb. Il prend naturellement la direction de la verticale; mais la Lune et le Soleil l'attirent et, dans leur mouvement journalier autour de la Terre, ils lui impriment une légère déviation; sa pointe décrit ainsi une petite courbe fermée.

Si notre globe était indéformable, les masses et les distances respectives des trois astres en cause, Terre, Lune et Soleil, étant connues, un calcul simple permettrait de déterminer les éléments de cette courbe et de la tracer.

Si, par contre, la Terre était d'une fluidité parfaite, la surface en resterait constamment perpendiculaire à la direction du fil à plomb; on ne constaterait aucune déviation de celui-ci par rapport au sol, et la courbe en question se réduirait à un point.

En réalité, échappant à ces deux cas extrêmes, notre globe présente

une certaine élasticité. La verticale est déviée; mais, en même temps, la croûte se déforme. Le déplacement de la pointe du pendule traduira seulement la différence des deux effets. En d'autres termes, la déviation apparente du fil à plomb ou, ce qui revient au même, la marée des océans qui lui est proportionnelle, sera une fraction de la déviation ou de la marée théoriques. Cette fraction donnera la mesure de la rigidité du globe; on en déduira la grandeur des marées de l'écorce.

Reste à observer et à mesurer les mouvements relatifs de la pointe du pendule par rapport au sol supposé fixe.

Ici les difficultés deviennent graves.

Les déviations à mesurer sont imperceptibles : elles n'atteignent pas un centième de seconde. Avec un fil à plomb de 1 mètre de longueur, la pointe, dans ses écarts extrêmes, ne sortirait pas d'un cercle de un vingt-millième de millimètre de rayon. Pour voir ce qui se passe dans un cercle aussi petit, il faudrait, chose irréalisable, un microscope grossissant une dizaine de milliers de fois. Ou bien, pour grandir suffisamment la courbe, on devrait, autre impossibilité, donner au pendule une longueur au moins égale à la hauteur du mont Blanc.

Le problème paraît donc insoluble, et longtemps il a été jugé tel.

Un jour pourtant, l'idée suivante s'est présentée :

Si l'on redresse, jusqu'à le rendre à peu près vertical, l'axe de rotation d'un pendule rigide, celui-ci, transformé en *pendule horizontal*, fonctionnera comme un pendule simple dont le point d'attache se trouverait reporté à la rencontre du prolongement de l'axe de rotation avec la verticale du centre de gravité de la masse oscillante.

On pourra ainsi réaliser l'équivalent d'un pendule de longueur aussi grande qu'on le voudra et d'ailleurs facile à calculer.

Grâce à cet artifice, combiné avec l'emploi de dispositifs optiques d'amplification, on a pu mesurer la déviation cherchée du fil à plomb. Elle est, en moyenne, les deux tiers du chiffre théorique; ce qui suppose, pour les marées de l'écorce, une amplitude à peu près égale à celle des marées de l'Océan. Nulles aux pôles, ces marées atteignent, vers l'équateur, près de cinquante centimètres aux nouvelles ou pleines lunes d'équinoxe, et seulement vingt centimètres au moment des quartiers.

C'est là un vrai triomphe de la science d'observation.

En veut-on un autre exemple?

Je citerai la *radiotéléphonie*, cette stupéfiante découverte, née d'hier, dont le seul énoncé, il y a vingt ans, eût fait crier au miracle.

Transformées en radiations hertziennes, les ondes sonores, portées jusqu'aux antipodes, traversent aujourd'hui le monde en tous sens et, sans se laisser arrêter par nul obstacle, pénètrent dans les réduits les plus fermés.

Mais la Nature n'a donné à l'homme qu'une oreille grossière, lui permettant à peine de saisir, en bloc et sans discrimination d'origine, quelques maigres octaves de la gamme infinie des vibrations. Et voici que l'homme s'est construit une oreille artificielle, avec laquelle il recueille, filtrées à sa guise, les harmonies sans nombre qui sillonnent l'espace. En tous lieux, et comme s'il y assistait en personne, il peut, à volonté, écouter, par exemple, un sermon à Londres, un concert à Rome, ou une conférence à Prague.

L'esprit humain n'a jamais rien connu de plus merveilleux.

Devant ces magnifiques conquêtes de l'intelligence sur l'imperfection naturelle de nos sens, l'homme, grisé d'orgueil, a pu croire parfois que le royaume de la Science n'avait pas de bornes et que, désormais, la raison pouvait tout expliquer.

Et pourtant, si l'on y réfléchit, quelles illusions ne se fait-on pas à cet égard et combien, en réalité, ce que nous savons est insignifiant comparé à l'immensité des choses qui nous échappent et qui nous resteront, sans doute, à jamais cachées.

La Science vit dans l'absolu. Elle part de principes abstraits, dont elle tire logiquement des conséquences inattaquables. Une chaîne continue d'impeccables raisonnements relie, par exemple, à la définition de la ligne droite et au postulatum d'Euclide, la suite des théorèmes de la géométrie, depuis les propositions les plus simples jusqu'aux théories les plus transcendantes.

Mais la plus vaste partie du champ d'action de la Science est la Nature. Et, pour nous, la Nature est le domaine de l'*à peu près*.

On n'y trouve rien de précis. Rien que des lignes à peu près droites, des courbes à peu près circulaires, elliptiques ou paraboliques, des surfaces à peu près planes, des mouvements à peu près uniformes, des lois exactes seulement dans de certaines limites.

Nulle part une surface fixe, nulle part un point stable de repère.

Tout — astres géants comme infimes atomes — est en perpétuel mouvement. Tout se déplace, tout vibre. La Terre elle-même palpite sans trêve, change de forme à chaque instant, et parcourt inlassablement l'espace sans jamais revenir deux fois au même point.

Au milieu de cette trépidation universelle — qui fait de notre monde un formidable kaléidoscope — la Science, esclave de la statistique, enregistre les phénomènes qui s'offrent à ses yeux, les analyse et les coordonne. Elle note l'heure des tremblements de terre et mesure leur vitesse de propagation; elle observe la pression, la température et l'humidité de l'air atmosphérique, la salure et la densité des mers, comme la croissance des êtres, la dimension des taches solaires et la déclinaison de l'aiguille aimantée.

Puis, ayant recueilli, en nombre jugé suffisant, des données exactes sur les phénomènes, elle s'ingénie à découvrir les relations qui peuvent exister entre eux; elle tâche de fixer les conditions déterminantes de leur reproduction, et, le cas échéant, les lois de leur périodicité.

Lorsque, dans des circonstances identiques, un même effet se répète invariablement, la Science, considérant l'avenir comme la suite logique du passé, fait, de cette constatation, une « Loi de la Nature ».

Kepler, par exemple, a l'idée de comparer la durée de la révolution de chaque planète avec sa distance du Soleil. La durée croît plus vite que la distance, mais moins vite que le carré de celle-ci. Il essaie alors la puissance intermédiaire 3/2. Cette fois, entre les deux éléments, une exacte proportionnalité se révèle, et Kepler en déduit, pour le mouvement des planètes, les célèbres lois qui portent son nom.

Heureusement pour nous, grâce à la rusticité des instruments de l'époque, les observations astronomiques, base de ses calculs, étaient plutôt sommaires. Avec les appareils perfectionnés et les mesures précises d'aujourd'hui, la proportionnalité en question lui eût peut-être échappé.

De même pour la loi de Mariotte sur la variation du volume d'un gaz en raison inverse de la pression. Elle cesse d'être exacte dès que la température ou la pression s'écartent notablement des conditions habituelles du monde où nous vivons et où l'expérience a été faite.

Ainsi en est-il de la plupart des lois physiques.

Elles permettent bien de prédire avec sûreté la répétition de tel effet dans telles circonstances et d'annoncer, par exemple, quelques dizaines d'années, voire quelques siècles à l'avance, le retour d'une comète ou d'une éclipse. Quant aux causes mêmes des phénomènes, on les ignore totalement. Personne encore n'a pu dire comment le têtard devient une grenouille, ou la chenille un papillon, ni pourquoi l'opium fait dormir, ni pour quelle raison tombe la pomme détachée de l'arbre.

Voulant néanmoins tout expliquer, l'homme se tire d'affaire en dissimulant, sous le mirage de mots, son incurable ignorance. Il attribue gratuitement à l'opium une *vertu dormitive* et aux masses des objets une mystérieuse puissance, baptisée du nom d'*attraction universelle*, qui les pousserait irrésistiblement les uns vers les autres.

La *pesanteur* n'en serait qu'un cas particulier.

D'hypothèses du même genre, les exemples abondent.

Ainsi, certains corps exercent-ils sur d'autres une attraction où la pesanteur n'entre pour rien ? On attribue le fait à une force particulière, dénommée, suivant le cas, *électricité* ou *magnétisme*, mais de nature d'ailleurs parfaitement inconnue. Les courants d'électricité, positive ou négative, imaginés pour expliquer le phénomène, sont de simples produits de notre esprit. Ce que l'on peut en dire de mieux, c'est que les choses se passent comme s'ils existaient.

En règle générale, impuissant à pénétrer la raison vraie des choses, l'homme, devant chaque nouveau mystère, forge de toutes pièces un système pour l'expliquer. A la cause réelle, qu'il ne connaîtra sans doute jamais, il substitue une entité susceptible, à ses yeux, de la remplacer.

Ces succédanés de la vérité n'ont, toutefois, qu'une existence éphémère. Un jour vient, où un fait nouveau, qu'ils n'expliquent pas, les force à disparaître.

Ainsi, pendant longtemps, la lumière est attribuée à une projection rectiligne de particules matérielles; mais devant cette chose imprévue, la double réfraction du spath d'Islande, cette théorie, dite *de l'émission*, perd en grande partie son prestige et fait place à une autre théorie, dite *des ondulations*, basée sur la propagation d'ondes vibratoires dans l'*éther*, milieu hypothétique doté de propriétés spéciales, passablement contradictoires : assez fluide pour ne retarder en rien le mouvement des astres, et, en même temps, rigide comme l'acier !

La doctrine ondulatoire paraissait bien assise lorsque la découverte du radium vient l'ébranler à son tour, en rendant la vie, au moins pour un temps, à la théorie de l'émission.

Bien que difficilement conciliables, ces deux doctrines se partagent aujourd'hui le vaste champ de la lumière.

Un domaine, où ont été particulièrement fréquentes les vicissitudes, c'est celui de l'Astronomie. Comme les vagues de la mer, l'histoire et la légende

s'y poursuivent sans pouvoir se rejoindre. Là, comme partout, réfractaire aux idées simples, enthousiaste surtout des mystères incompréhensibles pour lui, l'esprit humain oppose longtemps une aveugle résistance à des vérités pourtant frappantes.

Malgré les indications très nettes fournies par les éclipses de Lune et par la disparition progressive de la coque, puis des mâts, d'un navire qui s'éloigne, que de siècles il a fallu à l'homme pour concevoir la Terre, non comme un disque plat, mais comme un globe isolé dans l'espace.

Malgré les assertions concordantes de Pythagore et de Parménide, l'existence des antipodes est encore, pour saint Augustin, une fable ridicule. Les voyages de circumnavigation de Christophe Colomb et de Juan de Ulloa parviennent seuls à triompher de l'universel aveuglement.

Le vulgaire bon sens, pourtant, eût dû suffire à montrer l'absurdité de la croyance en une Terre immobile, entourée d'astres formidablement lointains, mais tout de même disciplinés au point d'exécuter quotidiennement, autour d'elle, une ronde générale avec maintien rigoureux des intervalles.

Longtemps après les Grecs, deux hommes, à un siècle de distance, Copernic et Galilée, frappés, à leur tour, de cette invraisemblance, se sont dits qu'évidemment c'est la Terre qui tourne sur elle-même, au milieu d'étoiles dont l'énorme éloignement seul rend imperceptibles les mouvements relatifs.

Mais, homme prudent et avisé, connaissant bien la mentalité de ses contemporains, Copernic ne se hâta pas de publier sa thèse, en opposition avec le texte des Écritures et sentant le fagot; le livre ne parut qu'à sa mort.

Quant à Galilée, plus hardi, son audace faillit lui coûter la vie. Résigné, il dut se rétracter, avant d'aller tristement mourir en exil.

La stabilité du système solaire n'a pas donné lieu à une légende moins tenace.

Ne voyait-on pas, en effet, chaque année, les astres revenir, dans le ciel, exactement à la place que leur assigne la théorie? Les occultations d'étoiles, les éclipses de Lune et de Soleil ne se reproduisaient-elles pas, rigoureusement, à l'heure même indiquée par le calcul?

Clausius, Kelvin et Henri Poincaré ont dit ce qu'il faut penser de cette stabilité. Elle est parfaitement illusoire. Le système solaire tout entier s'achemine lentement vers l'inéluctable repos final. Et si l'on a pu croire

immuables la durée du jour et celle de l'année, c'est que, devant l'énormité des temps géologiques, les quelques milliers d'années qu'embrasse l'histoire humaine représentent à peine la durée d'un éclair.

L'immuabilité de l'écorce, — de la *terre ferme*, suivant l'expression populaire, — a longtemps, elle aussi, été regardée comme un dogme.

Elle n'est pas moins chimérique.

Par leur absolue concordance, pourtant, les déterminations de gravité, les mesures d'arcs de méridien, ou bien encore les résultats de nivellements effectués dans une même zone à des époques différentes, n'attestent-ils pas la parfaite stabilité de la croûte terrestre? La répartition des continents et des mers, la distribution des montagnes et des fleuves, demeurées les mêmes depuis l'apparition de l'homme, n'en seraient-elles pas, au besoin, une preuve suffisante?

La Géologie nous enseigne bien que cette répartition n'a pas toujours été la même, et que, dans le passé, la figure de la Terre a subi maintes métamorphoses; mais, dans ces changements, on se plaisait à voir les résultats de catastrophes soudaines comme le déluge biblique. Entre deux de ces cataclysmes, croyait-on, l'écorce terrestre devait garder son équilibre.

Or, sans parler des violentes secousses, qui détruisent des cités entières, ni des brusques trépidations journellement observées, on constate l'existence de vibrations internes, qui agitent le sol d'une manière continue et sont aux véritables tremblements de terre ce que la houle et le clapotis sont aux vagues de l'Océan.

Quant aux mouvements lents, si l'on y réfléchit, la réalité n'en saurait faire doute. Les forces qui, dans le passé, ont modelé le globe, n'ont en effet rien perdu de leur action; elle se poursuit sans trêve dans la suite des temps. Nos mesures n'en donnent qu'une image fugitive. Sur la foi d'un instantané, oserait-on affirmer l'immobilité d'un train express marchant à pleine vitesse?

D'autre part, en dehors des marées de l'écorce, les couches externes du sol se dilatent sous l'action de la chaleur solaire, et, de ce chef, subissent journellement une légère oscillation périodique, dont l'amplitude s'atténue d'ailleurs très vite quand on s'enfonce dans la terre.

Mais, dans l'ensemble et au milieu des irrégularités du sol, ces mouvements périodiques n'altèrent pas sensiblement la forme générale de la

surface terrestre. Cette forme — la Géodésie —, une science d'origine française comme tant d'autres, s'efforce de la déterminer.

Pour cela, tout d'abord, il a fallu adopter une surface de référence; en fait, c'est la surface moyenne du niveau des mers, supposée invariable et prolongée par la pensée sous les continents. Par voie d'approximations successives, on s'est préoccupé de définir cette surface. Primitivement assimilée à une sphère, puis, avec le progrès des mesures, à un ellipsoïde aplati, elle est aujourd'hui, sous le nom de *géoïde*, regardée comme un *sphéroïde* bosselé.

Au premier stade, pour avoir le rayon de la Terre supposée sphérique, il avait suffi de mesurer la longueur d'une certaine fraction de la circonférence. C'est l'opération à laquelle, deux siècles avant notre ère, l'astronome grec Eratosthène s'était livré, en observant la différence des angles faits, avec le fil à plomb, par la direction du Soleil, à midi, en deux lieux d'espacement connu, situés sur un même méridien.

Semblable opération a été répétée depuis, dans les conditions les plus diverses et avec une précision chaque fois accrue, grâce à un ingénieux procédé — la *Triangulation* — consistant à jeter, entre les deux extrémités de l'arc à étalonner, une sorte de poutre géométrique, formée de triangles assemblés, dont on mesure les angles.

Ayant déterminé, avec le maximum d'exactitude, la longueur d'un côté, on en déduit, par le calcul, celle de l'arc entier.

Vers la fin du XVIIe siècle, des triangulations effectuées à l'équateur, d'une part, et de l'autre, au voisinage des pôles, avaient montré que la courbure du méridien décroît quand la latitude augmente. Le globe était donc aplati aux pôles; au lieu d'être un cercle, le méridien était une ellipse. Mais, plus tard, la comparaison des mesures d'arc faites en diverses régions, a révélé qu'à leur tour les ellipses méridiennes diffèrent légèrement les unes des autres : l'ellipsoïde terrestre n'est lui-même qu'une seconde approximation. La détermination du géoïde et de ses bosses — troisième approximation — forme actuellement l'une des principales tâches des services géodésiques dans la plupart des États civilisés.

Pour l'étude en commun de ces difficiles questions, deux grandes Associations internationales ont été récemment constituées : l'Union Astronomique et l'Union Géodésique et Géophysique, dont l'objet est de fixer périodiquement le programme de nouvelles recherches à entreprendre.

A cette heure même, suivant un projet dont le Bureau des Longitudes avait pris l'initiative, une trentaine de nations collaborent à une grande

opération mondiale ayant pour but la mesure, aussi précise que possible, des longitudes de divers lieux répartis autour du globe. La répétition de ces mesures à des intervalles éloignés permettrait, en particulier, de déceler, le cas échéant, cette colossale dérive des continents, entrevue, dans ses rêves, par un géologue d'Outre-Rhin.

Il y a un quart de siècle, on s'apercevait que les pôles terrestres eux-mêmes, jusque-là regardés comme fixes, se déplacent à la surface du sol; faisant varier d'autant les latitudes, ils subissent un mouvement oscillatoire de quelques mètres d'amplitude et de 430 jours de période. L'étude de ce phénomène se poursuit régulièrement dans quelques observatoires spécialisés.

L'altitude — hauteur de chaque point du sol au-dessus de la surface de référence, autrement dit la troisième coordonnée — n'est pas moins difficile à déterminer.

La planimétrie d'un vaste territoire a pour base, on le sait, un réseau de grands triangles, dont les côtés mesurent, en moyenne, une cinquantaine de kilomètres. Les sommets de ces triangles servent d'appui au relevé des points de détail.

De même, l'hypsométrie générale d'un grand pays repose sur une suite de réseaux de nivellements, à mailles de plus en plus étroites, greffés les uns sur les autres. Les grands réseaux de ce genre se sont multipliés, dans le monde, à tel point qu'à cette heure, si l'on mettait bout à bout les seuls cheminements fondamentaux, le ruban ainsi obtenu ferait plus de dix fois le tour de la Terre.

Chez nous même, pour vérifier et compléter le nivellement de Bourdalouë, le premier du genre, exécuté de 1855 à 1863, on a créé, de 1885 à 1892, un nouveau réseau fondamental, à mailles de 400 à 600 kilomètres de tour, mesurant au total 12000 kilomètres de développement et dont la précision est telle qu'en revenant au point de départ, après avoir fait le tour de la France, soit 3900 kilomètres, on a retrouvé, à 5 centimètres près, l'altitude initiale.

Compte tenu des réseaux secondaires greffés sur le réseau de base, les nivellements qui sillonnent à cette heure notre territoire dépassent 135000 kilomètres; ils ont notamment permis d'effectuer un recolement exact des forces hydrauliques disponibles dans nos cours d'eau.

Comme surface de référence, on avait, ai-je dit, adopté la surface du niveau moyen des mers; mais ce choix lui-même a longtemps présenté de grandes difficultés et donné lieu à de nombreuses discussions.

Au moyen de lectures directes sur des échelles de port, ou à l'aide d'appareils enregistreurs — les *marégraphes* — relevant les variations du niveau de la mer, ou encore avec des instruments plus simples, — les *medmarmètres*, — qui en donnent immédiatement une moyenne, on avait bien, en un certain nombre de points, déterminé la hauteur journalière, mensuelle, ou annuelle, du niveau moyen au-dessus d'un repère fixe. Mais dès qu'on voulut relier entre elles, par des nivellements, les cotes ainsi obtenues pour les différentes mers, on trouva, entre celles-ci, de notables dénivellations : l'Océan à Brest, par exemple, se tenait à un mètre au-dessus de la Méditerranée à Marseille.

Et, à ce propos, il s'établit encore une légende, celle de l'inégalité du niveau des mers. Voici dans quelles conditions :

Les savants amenés par Bonaparte en Égypte avaient relevé dans l'isthme de Suez, entre la mer Rouge et la Méditerranée, une dénivellation d'une dizaine de mètres.

Aussi lorsque, un demi-siècle après, de Lesseps imagina de percer l'isthme, se vit-il aussitôt objecter les insurmontables difficultés que créerait à la navigation, dans le futur canal, l'irrésistible courant causé par cette énorme dénivellation.

Pour en avoir le cœur net, de Lesseps confia à un habile conducteur des Ponts et Chaussées, Bourdaloué, la mission de refaire avec soin ce nivellement. Cette fois, on ne releva plus qu'une insignifiante différence de niveau, résultat plus tard confirmé par l'absence de courant appréciable dans le canal une fois creusé.

Le succès de l'entreprise détermina le Gouvernement français à faire exécuter, par le même opérateur, un nivellement général de notre territoire. Ce fut l'origine de ce Réseau, dont j'ai parlé tout à l'heure, qui porte le nom de Bourdaloué, et qui a servi de modèle aux nombreuses opérations du même genre effectuées à l'Étranger.

Chose inattendue, alors que les triangulations effectuées pour servir de base à la Carte française de l'État-major avaient attribué le même niveau à l'ensemble les mers baignant notre territoire, le nivellement de Bourdaloué faisait ressortir une différence d'environ 1 mètre entre le niveau moyen de l'Océan à Brest et celui de la Méditerranée à Marseille.

Ce résultat trouvait ultérieurement une première confirmation dans la dépression de 64 centimètres relevée par le nivellement espagnol entre Alicante et Santander.

D'autre part, appliquée aux 400 mètres de profondeur du détroit de Gibraltar, la différence de deux millièmes trouvée entre les densités de l'eau des deux mers, fournissait, en vertu du principe des vases communicants, une explication toute naturelle du phénomène.

A la suite de constatations du même genre, faites sur d'autres bassins maritimes, la croyance en l'inégalité des niveaux océaniques devint rapidement un article de foi. Aussi, voulant écarter les inconvénients de ce chef, l'Association géodésique internationale proposa-t-elle d'adopter un zéro unique des altitudes pour le continent européo-asiatique.

Le nouveau nivellement général de la France, exécuté trente ans plus tard et trois fois plus précis que celui de Bourdalouë, décela bien, il est vrai, dans ce dernier, l'existence d'erreurs systématiques jusqu'alors insoupçonnées, et, par de multiples liaisons toutes concordantes, rétablit l'uniformité de niveau entre l'Atlantique et la Méditerranée. Il fut, d'autre part, démontré que la dénivellation mesurée en Espagne devait être réduite de moitié pour tenir compte de l'aplatissement de la Terre; enfin, que les inégalités dans la densité de l'eau des mers étaient purement superficielles, et que toutes les mers d'Europe avaient à peu près le même niveau.

Le zéro unique des altitudes fut abandonné; mais la légende n'en continua pas moins à survivre dans certains milieux. La discordance relevée entre l'ancien et le nouveau Réseau français y est regardée comme l'indice certain d'un mouvement général de bascule de notre territoire autour d'un axe longeant les Pyrénées.

Et même, forts de cette constatation chimérique, deux graves savants ont récemment annoncé à l'Académie de Bavière que, dans la France septentrionale, la Belgique et les Pays-Bas, le sol, à n'en pas douter, s'affaisse d'environ trois mètres par siècle !

Espérons qu'un jour ou l'autre, la doctrine de l'uniformité du niveau des mers finira par retrouver la juste faveur dont elle jouissait à l'origine, sur la foi des principes de la mécanique des fluides.

Et maintenant, j'en ai dit assez pour montrer sur quel terrain mouvant reposent les théories scientifiques et combien précaire en est la durée.

Dans sa course à la recherche de la vérité, l'homme joue sans cesse

avec la nature une sorte de jeu de colin-maillard. A peine entrevu, le résultat échappe. Il faut tout recommencer.

La Science, on le voit, n'a qu'un domaine limité. Parler ainsi n'est pas la desservir, ni même porter sur elle un jugement trop sévère. Si, en effet, les théories passent, les faits restent, et, malgré les bornes mises à son action, la Science joue dans notre existence un rôle encore suffisamment beau, les services rendus par elle sont assez grands et ses conquêtes assez merveilleuses pour lui mériter l'admiration sans réserves et la gratitude infinie de l'homme, dont elle allège la tâche, soulage les souffrances, élève la pensée et embellit la vie.

Le savant, lui, ne peut se bercer d'illusions.

Sa devise immuable doit être « La Vérité ».

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1926.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Serge Bernstein**, membre de l'Académie des Sciences d'Ukraine, professeur à l'Université de Kharkoff, pour ses *Leçons sur les propriétés extrémales et la meilleure approximation des fonctions analytiques d'une variable réelle*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue; Émile Picard, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Paul Montel**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue; Émile Picard, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Gaston Julia**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur la théorie des fonctions.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Kyrille Popoff**, professeur à l'Université de Sofia, pour ses Leçons faites à la Sorbonne pendant l'année scolaire 1924-1925 : *Les méthodes d'intégration de Poincaré et le problème général de la balistique extérieure*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Rateau, Mesnager; Kœnigs, rapporteur.)

M. le lieutenant-colonel **Antoine Alayrac**, ingénieur en chef de l'Aéronautique, s'est proposé, en partant des résultats expérimentaux concernant l'état des forces qui interviennent au cours du vol, de ramener la mécanique de l'aviation aux termes de la mécanique rationnelle. Le problème se trouve compliqué par le fait que le mouvement ne peut être ici décomposé dans les mouvements du centre de gravité et autour du centre de gravité. Néanmoins, la connaissance exacte ou approchée des forces développées par la résistance de l'air ainsi que par la propulsion permettent d'écrire régulièrement les équations différentielles du mouvement. Sur cette base, l'auteur a écrit un livre consciencieux et intéressant où ses efforts personnels s'associent à ceux de ses devanciers. L'œuvre produite par M. le lieutenant-colonel **Alayrac**, si louable et si utile, mérite d'être retenue, et la Commission propose de lui attribuer le prix de Parville pour 1926.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRY BAZIN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Rateau, Mesnager; Kœnigs, rapporteur.)

Dans une série de publications, dont plusieurs aux *Comptes rendus* de l'Académie, MM. **Léo Escande** et **Marcel Ricaud** ont exposé les résultats de leurs recherches concernant la mécanique des fluides. Ces recherches ont eu pour but de vérifier, par l'expérience, des vues théoriques sur la similitude déjà connues et qu'ils ont précisées. Leurs études concernent les systèmes en charge et les systèmes découverts, soit dans le cas de la fluidité parfaite, soit dans le cas de la viscosité. Ils ont notamment cherché les conditions de compatibilité des lois de Reech et de Reynolds.

Ils ont opéré dans les conditions les plus variées, en procédant d'abord à la vérification des lois de la similitude dynamique, savoir :

Étude de la méridienne des veines liquides s'écoulant par un orifice circulaire horizontal;

Répartition des vitesses de l'eau comprise entre un cylindre immobile à axe vertical et un cylindre coaxial, mobile autour de son axe;

Phénomènes d'écoulement dans les coudes des conduites (similitude dans la répartition des pressions, dans les débits, dans la forme des filets liquides, dans les tourbillons);

Étude des barrages à déversoirs à seuil épais (forme des filets, répartition des vitesses, répartition des pressions le long des barrages, manifestant une dépression dans la partie supérieure aval et un maximum de pression dans la partie inférieure aval, à l'endroit où la vitesse de l'eau est maximum, circonstances qui favorisent les effets d'affouillement. En opérant sur un modèle réduit au $\frac{1}{48,5}$, les auteurs ont pu appliquer leurs recherches à un barrage sur le Tarn d'un débit de 3000^{m^3} par seconde, avec une hauteur de déversement de 30^m).

D'autres expériences ont porté sur la viscosité.

Les phénomènes qui se passent à l'aval d'un corps immergé dans un fluide en mouvement ont été l'objet des expériences de MM. Escande et Ricaud. Ils ont vérifié la loi de similitude pour les trajectoires et pour les vitesses, en tenant compte de rapports divers des coefficients cinématiques de viscosité. Ils ont pu, de la sorte, étendre au pétrole circulant dans des tuyaux, les résultats relatifs aux pertes de charge de l'eau dans les conduites.

Notons encore la vérification des conditions, d'après M. Hadamard, de la naissance des surfaces de discontinuité dans la masse fluide et son impossibilité loin de toute paroi. Les obstacles, par contre, peuvent faire naître des discontinuités et ils en ont étudié quelques exemples.

Suivant la méthode suivie par M. Camichel, les auteurs ont utilisé dans leurs observations l'entraînement au sein du fluide en mouvement de poussières brillantes d'aluminium éclairées et photographiées durant des temps très courts. Chaque particule fournit de petits traits lumineux de longueurs proportionnelles à sa vitesse propre. Ces petites longueurs sont mesurables au moyen d'un micromètre spécialement construit à cet effet.

Cette méthode a fourni des résultats assez concordants pour qu'elle apparaisse comme acceptable, dans les circonstances expérimentales où se placent les auteurs. Il faut espérer que les objections que l'on a pu faire à cette méthode susciteront des vérifications expérimentales capables de la

justifier définitivement ou de délimiter nettement son champ d'applications.

Quoi qu'il en soit, les travaux de MM. **Escande** et **Ricaud** constituent un appoint intéressant à l'hydraulique expérimentale, et la Commission estime que ces savants sont dignes de recevoir le prix Bazin pour l'année 1926.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux; Andoyer, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Armand Lambert**, chargé de conférences à la Faculté des sciences, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris, pour son catalogue d'étoiles fondamentales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DAMOISEAU.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Joseph Renaux**, astronome à l'Observatoire d'Alger, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VALZ.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Puiseux, Andoyer; Hamy, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix, en médaille, à M. **Frank Schlesinger**, directeur de l'Observatoire de la Yale University de New-Haven, pour l'ensemble de ses travaux, particulièrement pour ses recherches relatives à la mesure des parallaxes des étoiles, par la méthode trigonométrique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JANSSEN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose de décerner la médaille à M. **Francisco Miranda da Costa Lobo**, directeur de l'Observatoire de Coïmbra, pour l'ensemble de ses travaux astronomiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LA CAILLE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gaston Fayet**, directeur de l'Observatoire de Nice, pour l'ensemble de ses travaux astronomiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ANTOINETTE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer.)

La bourse n'est pas attribuée en 1926.

GÉOGRAPHIE.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU.

(Commissaires : MM. Guignard, Douvillé, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier; Ferrié, rapporteur.)

Une mission française, commandée par le lieutenant-colonel **Jacques-Hippolyte Grossard**, Commandant de la région militaire du Tchad, fut chargée, en 1921, de délimiter la frontière franco-anglaise suivant la ligne de partage des eaux entre les bassins du Nil et du Congo. Les travaux, faits parallèlement à ceux d'une mission britannique, furent très pénibles et durèrent deux ans. Plusieurs membres des deux missions y laissèrent la vie.

Une chaîne géodésique, comprenant 289 points, fut établie avec une grande précision, par des observations astronomiques et radiotélégraphiques. De plus, une abondante documentation scientifique, géographique et linguistique fut recueillie par la mission.

Le lieutenant-colonel Grossard a résumé l'ensemble de ces travaux dans un important ouvrage, abondamment documenté et très clairement écrit. Il a établi en outre la carte des régions délimitées.

La Section de Géographie et Navigation estime que l'œuvre du lieutenant-colonel **Grossard** mérite une haute récompense et propose de décerner à cet officier supérieur le prix Delalande-Guérineau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Guignard, Douvillé, Lallemand, Lecomte, Bourgeois, Ferrié, Fichot, Perrier ; Fournier, rapporteur.)

Votre Commission de Géographie et Navigation vous propose d'accorder le prix Gay à M. **Henri Michel**, ingénieur en chef des ponts et chaussées,

président de la section des ports maritimes, pour ses belles études publiées en deux volumes, avec des cartes et de nombreux plans détaillés à l'appui, où se trouvent exposées les améliorations à réaliser dans les fleuves à marées, en général, et, plus particulièrement, dans la Seine maritime, en vue d'en faire une artère vitale de notre économie nationale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Guignard, Douvillé, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot; Perrier, rapporteur.)

Le 15 juillet 1924, le capitaine **Jean Govin**, de la Section de Géodésie du Service géographique de l'Armée, se rendant en avion à Deir-ez-Zohr pour procéder à des déterminations de coordonnées géographiques, sur les confins de la Mésopotamie, trouvait la mort par suite d'une chute de l'appareil, ainsi que son pilote et un autre officier de la Section, le capitaine Renaud, qui l'accompagnait.

Jean Govin, né le 28 juin 1884 à Vincennes, entré en 1904 à l'École polytechnique, classé le premier des lieutenants d'artillerie de sa promotion à la sortie de l'École de Fontainebleau en 1908, avait vécu jusqu'à la guerre l'existence monotone du régiment, puis s'était vaillamment distingué au feu pendant la campagne. C'est en 1920 qu'il découvrit sa véritable voie. Affecté à la Section de Géodésie, il trouva en elle à la fois une vie plus active qu'une robuste santé lui permettait, et des satisfactions intellectuelles auxquelles ses belles facultés mathématiques et sa rare puissance de travail l'autorisaient à prétendre.

Il se classa tout de suite au premier rang. Quand on considère ce qu'a été l'œuvre géodésique de Govin en un court laps de temps de quatre années, le cœur se serre à la pensée de ce qu'il aurait fait s'il eût parcouru une longue carrière.

Pendant trois hivers, nous le trouvons à Paris perfectionnant et développant l'enseignement public de la Géodésie et de l'Astronomie de position, professé par lui au Service géographique, précieux collaborateur du chef de Section dans l'œuvre de réorganisation entreprise après la guerre.

A chaque printemps, il part sur le terrain. Il fait ses premières armes en France dans les régions libérées, où toute la triangulation est à refaire. Ce

débutant résout le difficile problème du rattachement de la Méridienne de Paris au nouveau Parallèle d'Amiens. Son nom reste particulièrement attaché aux opérations du Levant. Là, pendant deux campagnes, il a animé les officiers et la troupe de son infatigable ardeur, payé de sa personne, à la fois comme chef de mission, organisateur et observateur, apporté dans ses travaux personnels de toute nature et exigé de ses officiers la plus rigoureuse conscience scientifique.

Le capitaine Govin ne s'est pas seulement préoccupé du but pratique des triangulations, il a profondément exploré les divers domaines de la Géodésie scientifique, théorique et expérimentale, et des sciences qui s'y rattachent. Il a exécuté notamment d'importantes déterminations d'intensité relative de la pesanteur et participé aux études entreprises pour l'enregistrement électrique des oscillations du pendule. En le prenant pour secrétaire-adjoint, la section de Géodésie du Comité national de Géodésie et Géophysique avait récompensé les services déjà rendus par lui à la Science et en avait escompté de plus grands encore.

Cet officier était appelé à être à brève échéance et pour de longues années le chef de la Géodésie française, qu'il eût maintenue dans le droit chemin. Les voix unanimes de ceux qui l'ont connu le désignent pour toujours comme un frappant exemple de ce qu'ont pu réaliser en peu de temps une belle intelligence et un jugement droit, servis par une volonté tenace, qui puisait son énergie dans les sentiments les plus élevés de l'âme : la conscience nette du devoir, l'oubli de soi-même, l'amour de la Science et de la Patrie.

Il laisse une veuve et un jeune fils.

La Commission des prix de géographie, appréciant hautement la valeur des travaux scientifiques de **Jean Govin**, et considérant qu'il est tombé victime du devoir en voulant apporter sa contribution à la connaissance précise de la vallée de l'Euphrate, l'a jugé digne, à titre posthume, du prix Tchihatchef en 1926.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Guignard, Douvillé, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot; Lallemand, Perrier, rapporteurs.)

La Commission propose de partager également le prix entre :

M. **François Roland**, professeur à l'Université de Besançon, pour son ouvrage intitulé : *Les Cartes anciennes de la Franche-Comté;*

M. **Jules Gaultier**, président de la Société de cadastre et de topographie, pour l'ensemble de ses recherches sur les instruments de levés cadastraux.

Rapport de M. G. Perrier *sur l'ouvrage de M.* **François Roland.**

M. le D[r] **François Roland**, ancien interne des Hôpitaux, professeur à l'École de Médecine de Besançon, s'est senti attiré par l'étude des cartes anciennes. De simple amateur éclairé, qui s'est attaché à réunir une très importante collection de documents relatifs à sa province, remontant aux XVI[e], XVII[e] et XVIII[e] siècles, il est devenu un spécialiste éminent et passionné de toutes les questions cartographiques, et plus particulièrement de celles qui concernent la Franche-Comté.

Il a publié les résultats de ses recherches dans un ouvrage : *Les Cartes anciennes de la Franche-Comté*, édité à Besançon, de 1913 à 1924, en 4 fascicules ornés de nombreuses et belles planches, et dont on ne peut que louer l'érudition très étendue et très sûre. En plus des recherches spécialement consacrées à la Cartographie franc-comtoise, on y trouve des études d'une portée plus générale sur les origines et l'évolution des Cartographies française, hollandaise et allemande, sur les anciens éditeurs et marchands de cartes parisiens, etc.

La pièce maîtresse étudiée par M. Roland, entre tant d'autres, est la carte de la Franche-Comté par Jean Vernier d'Ornans, le père de l'inventeur du *vernier*, éditée en 1624, en 4 feuilles, à une échelle voisine du $\frac{1}{200\,000}$, véritable chef-d'œuvre pour son époque, dont il ne reste qu'un exemplaire à la Bibliothèque de la ville de Besançon, et que M. Roland se propose de faire reproduire.

La Commission des Prix de Géographie, désireuse de reconnaître l'effort désintéressé de M. **Roland** et d'encourager des études du genre des siennes relatives à nos vieilles provinces, propose à l'Académie de décerner à leur auteur la moitié du prix Binoux (1926).

Rapport de M. Lallemand *sur les travaux de M.* **Jules Gaultier.**

M. **Jules Gaultier** a consacré une grande partie de son existence et de son activité scientifique à l'étude et à l'amélioration des procédés utilisables pour le levé des plans à grande échelle. On lui doit, dans ce domaine, certaines dispositions nouvelles fort intéressantes et quelques instruments très ingénieux.

Pour reconnaître et récompenser cet effort, la Commission propose d'attribuer à M. **Jules Gaultier** une fraction — 1000^{fr} — du prix Binoux.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Bourgeois, Kœnigs, Rateau, Mesnager, Laubeuf, Ferrié, Perrier; Fournier, Fichot, rapporteurs.)

La Commission propose de partager le prix, par parties égales, entre :

M. **Émile-Georges Barrillon**, ingénieur en chef du Génie maritime, pour son *Étude sur les vagues produites par la marche du navire ;*

M. **André Apard**, ingénieur chimiste au Laboratoire des poudres de la marine, pour son travail sur la propriété hygroscopique des poudres B.

Rapport de M. Fichot *sur le mémoire de M.* **E.-G. Barrillon**, *intitulé :* Étude sur les vagues produites par la marche du navire.

Nos connaissances sur ce sujet remontent au mémoire capital publié par W. Froude en 1877. Postérieurement, R.-E. Froude et Taylor tentèrent de représenter les résultats expérimentaux de W. Froude par des formules basées sur des conceptions théoriques qui devinrent classiques.

Un examen plus approfondi de la question conduisit néanmoins M. **Émile-Georges Barrillon** à signaler certaines incompatibilités entre les théories jusqu'ici acceptées et les résultats initiaux. Il fut ainsi amené à reprendre sur une échelle plus étendue les expériences de W. Froude sur les relations entre les variations de la résistance au remorquage et la répartition du champ de vagues, tant en élévation qu'en plan. Ces nouvelles expériences

lui montrèrent que les interférences du champ ne sont pas dues uniquement aux ondes transversales, comme le supposait la doctrine classique, mais que les ondes divergentes interviennent également pour créer des interférences d'égale périodicité et parfois même prépondérantes.

On savait déjà que la formation d'un champ de vagues par les navires est une cause de résistance. Inversement, M. **Barrillon** a mis en évidence que la résistance au remorquage d'un flotteur pouvait être diminuée, et même pratiquement annulée, quand ce flotteur navigue dans un champ de vagues artificiel formé en dehors de lui. C'est là, parmi beaucoup d'autres, un résultat original et fécond dont votre Commission vous propose de sanctionner la valeur par l'attribution de la moitié du prix de 6000fr de la Marine.

Rapport de M. l'Amiral Fournier *sur les travaux de M.* **André Apard.**

Votre Commission de Géographie et Navigation vous propose, à l'unanimité, d'accorder la *moitié* du prix de la Marine, de 6000fr, à M. l'Ingénieur **A. Apard** pour les remarquables exposés de ses recherches théoriques et pratiques, s'inspirant d'une compétence exceptionnelle et basées sur des expériences nombreuses et des plus délicates, en vue d'améliorer les conditions de conservation de nos poudres de guerre sur nos nouveaux bâtiments de combat, de manière à augmenter la sécurité et l'efficacité de nos forces navales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Rateau, Mesnager, Laubeuf, Ferrié, Fichot, Perrier; Kœnigs, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un encouragement de 2000fr à M. le commandant **Frédéric Marguet**, professeur à l'École navale, pour son Traité de navigation.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Berthelot, Janet, Brillouin, Perrin ; Cotton, rapporteur.)

Parmi les prix, trop peu nombreux, qui permettent à l'Académie des sciences de récompenser des travaux de Physique pure, le prix La Caze est le plus important : il est toujours donné à un physicien pour l'ensemble de son œuvre scientifique. M. **Charles Fabry**, professeur à la Faculté des sciences, le mérite depuis longtemps. Ce n'est pas seulement parce qu'il a fait ces belles recherches sur les interférences lumineuses à ondes multiples et sur les applications nombreuses qu'il a su leur trouver, recherches qui l'ont fait connaître de tous les physiciens, à l'étranger comme en France : M. Fabry s'est occupé avec un égal succès d'autres questions, notamment de questions importantes de la physique des radiations qui souvent intéressent l'astronome autant que le physicien. Sur la photométrie visuelle ou photographique, la microphotométrie, la photométrie solaire et stellaire, la mesure des intensités des radiations dans un rayonnement complexe, la mesure de l'éclat moyen du ciel étoilé, la diffusion de la lumière par les gaz, l'absorption par l'ozone du spectre solaire ultraviolet, etc., il a jeté une grande clarté, il a indiqué des procédés nouveaux d'étude et apporté des résultats rigoureux, suscitant partout de nombreux travaux. On ne saurait enfin lui être trop reconnaissant de l'œuvre qu'il poursuit maintenant à cet Institut d'optique qu'il dirige et qu'il a fallu après la guerre créer de toutes pièces : Dès à présent, cette fondation se montre très utile à la fois à la Science et à notre industrie de l'optique appliquée. Mais il est inutile d'insister sur l'importance de cette œuvre : L'Institut a donné déjà, l'année dernière, à M. **Fabry** le prix Osiris. En le proposant cette année pour le prix La Caze que l'Académie des sciences décerne elle-même, et qui est mentionné dans nos *Comptes rendus*, la Commission voudrait profiter d'une occasion qui s'offre à elle de donner à ce savant une marque toute particulière d'estime.

PRIX HEBERT.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Berthelot, Brillouin, Perrin, Cotton; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Bunet**, ingénieur conseil, ancien élève de l'École de physique et de chimie, pour l'ensemble de ses travaux d'électrotechnique.

M. **Bunet** a publié de nombreux travaux dénotant une haute culture électrotechnique. Il a apporté de nombreuses contributions originales à la théorie des machines et à leur étude expérimentale; ses travaux sur les courts-circuits, les surtensions et la propagation des ondes sur les lignes ont été fort remarqués, ainsi que sa contribution à l'électrochimie et à l'électrométallurgie; enfin, il a publié un excellent ouvrage sur les transformateurs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Berthelot, Janet, Brillouin, Perrin; Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **François Croze**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux de spectroscopie.

Avant la guerre, M. F. Croze s'était déjà fait remarquer par ses recherches expérimentales de spectroscopie et de magnéto-optique. On lui doit notamment la découverte de bandes nouvelles de l'azote, de l'oxygène, de l'hydrogène. Dans le second spectre de l'hydrogène, fort compliqué comme on sait, il a su reconnaître quatre bandes nouvelles formées chacune de deux séries de raies. Ce sont ces bandes que Sommerfeld appelle « bandes de Fulcher-Croze » et qu'on attribue parfois à tort au seul Fulcher : en réalité, Fulcher avait seulement reconnu quelques-unes des raies de l'une de ces bandes. M. Croze a étudié ensuite les changements magnétiques des raies formant ces spectres. Grâce à la précaution qu'il a prise d'écarter l'action mécanique violente que le champ exerce sur la décharge rendant le gaz lumineux, il a pu reconnaître des cas particulièrement simples du phénomène de Zeeman. Il a trouvé notamment que les

raies de l'hydrogène donnent, contrairement à ce que l'on admettait, un triplet normal dans des champs de 10 000 gauss et au-dessus, fait qui a une importance particulière pour la théorie des spectres.

Pendant la guerre M. Croze, mobilisé, avait été chargé d'appliquer un procédé qu'il avait indiqué lui-même, pour remettre rapidement à neuf les ampoules à rayons X utilisées pour nos blessés. Un accident — l'explosion d'un de ces tubes — survint pendant une de ces opérations et les deux yeux du jeune physicien furent très gravement atteints. L'un d'eux fut perdu, l'autre fort compromis et pendant de longues années M. Croze dut renoncer aux recherches expérimentales. Sans se décourager, il consacra alors son activité à l'étude de questions importantes de physique théorique. Dans son travail sur le principe de Fermat, il indique notamment dans quels cas bien précisés le chemin optique n'est ni maximum, ni minimum. Dans son étude historique et critique sur le principe de Huygens, il montre quelle est dans chaque cas l'expression correcte du principe et il justifie, en apportant une correction toutefois, les vues de Fresnel. Dans ses études critiques sur les preuves astronomiques de la théorie de la relativité, il a eu un souci constant d'impartialité, souci que devraient toujours avoir ceux qui écrivent sur ces questions fort discutées.

Depuis, sa vue s'étant un peu améliorée, M. Croze a pu reprendre ses recherches expérimentales et diriger au laboratoire des élèves qu'il a formés à la Faculté des sciences de Nancy. Utilisant encore à la fois les données spectroscopiques proprement dites et les renseignements précieux fournis par le phénomène de Zeeman, il a pu débrouiller la structure des spectres du second ordre de l'azote et de l'oxygène, et établir une règle générale reliant les raies de résonance et les raies ultimes des éléments. Ce bel ensemble de travaux justifie pleinement la proposition que vous fait la Commission d'attribuer à M. **François Croze** le prix Hughes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Berthelot, Janet, Brillouin, Perrin; Cotton, rapporteur.)

Une subvention de 2500^{fr} est attribuée à M. **Georges Reboul**, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, pour continuer ses études sur les corps mauvais conducteurs.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Béhal, Urbain, Bertrand, Matignon; Lindet, Desgrez, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500^{fr} à M. **Ernest Portier**, inspecteur principal des établissements classés du département de la Seine, membre du Conseil d'hygiène du département, pour l'ensemble de ses travaux relatifs à l'hygiène industrielle.

Une mention honorable de 1500^{fr} à M. **Louis Chelle**, professeur à la Faculté mixte de médecine et de pharmacie de Bordeaux, pour l'ensemble des recherches qu'il a effectuées sur les gaz de combat.

Rapport de M. Lindet *sur les travaux de M.* **Ernest Portier**.

C'est parmi les licenciés ès sciences, les pharmaciens des hôpitaux, les docteurs ès sciences, les préparateurs de Faculté et même les professeurs, que M. le Préfet de Police recrute les inspecteurs des Établissements classés comme insalubres, dangereux et incommodes, c'est-à-dire dans un milieu scientifique, où il sait qu'il rencontrera la compétence, le tact et la discrétion nécessaires pour exercer une semblable mission.

L'Académie des sciences a déjà, en 1912, attribué le prix Montyon (arts insalubres) à l'inspecteur principal des Établissements classés, M. Adam, pour avoir dirigé avec expérience et habileté ce délicat service. Elle demande aujourd'hui son renouvellement en faveur de son successeur, M. E. Portier, qui a eu le mérite de reconnaître la cause des « odeurs de Paris » ; il a permis d'en faire interdire la fabrication des superphosphates au moyen de l'acide sulfurique ayant dissous des matières animales; d'améliorer la condensation, par les atomiseurs de Kestner, des vapeurs provenant de la dessiccation des viandes, du sang, etc., qui, par la multipli-

cation des réservoirs souterrains pour hydrocarbures, par les précautions à prendre pour le transport de l'acétylène dissous, la meilleure ventilation des égouts, surtout de ceux dans lesquels se rencontrent des sulfures alcalins et de l'acide, a évité bien des accidents et des ennuis à la population parisienne.

Votre Commission a décidé, à l'unanimité, d'attribuer le prix Montyon (arts insalubres) à M. **Ernest Portier**.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Lindet, Urbain, Bertrand, Desgrez, Matignon; Moureu, Béhal, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 6000^{fr} à M. **André Wahl**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique;

Un prix de 4000^{fr} à M. **Gustave Vavon**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses recherches sur la catalyse par le noir de platine.

Rapport de M. Moureu *sur les travaux de M.* **André Wahl**.

Ancien élève de l'Institut chimique de Nancy, M. **André Wahl** entra il y a quelque trente ans dans l'industrie des colorants organiques, à Clayton, près Manchester. Il y travailla pendant quelques années sous la direction d'un savant éminent, M. Green, aujourd'hui Membre de la Royal Society. Les recherches, qui portèrent principalement sur les dérivés du stilbène, conduisirent à la découverte de nouveaux produits d'oxydation de l'acide *p*-nitrotoluènesulfonique et de colorants, dont quelques-uns sont encore employés aujourd'hui.

Cependant, attiré par le pays natal, M. Wahl revint à Nancy, en 1900, en qualité de préparateur, et c'est là qu'il connut Louis Bouveault dont l'influence sur sa carrière devait être décisive. Avec ce maître si regretté, il entreprit un long travail sur la nitration dans la série grasse, qui aboutit,

entre autres, à la découverte de l'éther nitroacétique, et qui forma le sujet de sa Thèse de doctorat (1901). Devenu préparateur de Bouveault à la Sorbonne, ces recherches furent activement poursuivies, et, de 1901 à 1906, Bouveault et Wahl publièrent une méthode de synthèse graduelle des aldéhydes au moyen du nitrométhane, un procédé de transformation des groupements méthylène négatifs en groupements carbonyle, qui permet de préparer aisément les éthers glyoxyliques, mésoxaliques et acylglyoxyliques d'un type encore inconnu. Nommé maître de conférences à l'Université de Lille, M. Wahl étudia les éthers β-cétoniques, et, avec M. Meyer, qui en fit le sujet de sa thèse, les dérivés des isoxazolones.

Chargé de cours, puis professeur à l'Université de Nancy, il commença ses recherches sur l'oxindol, qui amenèrent la découverte des isoindogénides, des isoindigotines, et d'une nouvelle méthode de synthèse des indirubines. En même temps il entreprit, un des premiers en France, l'étude chimique de la houille (1912).

Sollicité, en 1913, de réorganiser le service des recherches de la Société des Matières colorantes de Saint-Denis, dont il a conservé la Direction, il s'occupa avec divers collaborateurs de questions industrielles, comme la chloruration du toluène, l'éthérification, les halogéno-β-naphtols, qui le conduisirent, avec M. Lantz, à une série de réactions aboutissant à de nouvelles synthèses de la phénylrosinduline.

En 1918, M. Wahl fut nommé professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers. Il y a entrepris, avec ses élèves, des travaux sur les isoindigoïdes, qui ont fait l'objet de plusieurs thèses.

Environ 120 mémoires ont été publiés par M. **Wahl**. On lui doit, en outre, un ouvrage sur l'industrie des matières colorantes organiques, qui en est à sa seconde édition.

Pour reconnaître les mérites de cet infatigable et habile chercheur, votre Commission est unanime à vous proposer de lui attribuer une part importante (6000^{fr}) du prix Jecker.

Rapport de M. Béhal *sur les travaux de M.* **Gustave Vavon.**

Les recherches qu'a effectuées M. **Vavon**, soit seul, soit en collaboration avec ses élèves, se rattachent presque toutes à la catalyse par le noir de platine, ou à l'étude de l'isomérie *cis-trans* des composés cycliques et terpéniques.

Préparation des alcools. — Il a donné une préparation des alcools par

hydrogénation des aldéhydes et des cétones à l'aide du noir de platine, dont les résultats ont été publiés aux *Comptes rendus* de 1910 à 1913 et rassemblés dans un mémoire aux *Annales de Chimie*, 1, 1914, p. 147. Cette méthode est générale comme l'ont montré des expériences faites sur une trentaine d'aldéhydes et de cétones appartenant aux séries grasse, aromatique, cyclique, terpénique et présentant parfois d'autres fonctions dans la molécule (double liaison, fonctions éther-sel, phénol, éther phénolique). Les rendements en alcool, souvent quantitatifs, sont en tout cas toujours excellents.

Il a montré que l'hydrogénation de corps pouvant fixer plusieurs molécules d'hydrogène, se fait souvent en plusieurs phases; en effet, sans rien changer aux conditions expérimentales, on peut obtenir les différents corps intermédiaires en arrêtant la réaction en temps opportun : la carvone donne successivement la carvotanacétone, la tétrahydrocarvone, le carvomenthol; la benzylidène-acétone donne la phénylbutanone, le phénylbutanol, le cyclohexylbutanol (*Comptes rendus*, 153, 1911, p. 68, et 154, 1912, p. 359).

Hydrogénation des phénols. — M. Vavon a montré que, contrairement à l'opinion admise, les phénols ne s'hydrogènent pas directement en cyclohexanols, mais passent transitoirement par le stade cyclohexanone. La cétone peut être captée par le chlorhydrate de semi-carbazide et, quand on fait l'hydrogénation en présence de ce réactif, le produit principal de la réaction est la semi-carbazide résultant de l'hydrogénation de la semi-carbazone (*Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1231; *Bull. Soc. chim.*, 33, 1923, p. 538).

L'hydrogénation appliquée aux oximes de certaines cétones cycliques (cyclohexanone, méthylpropylcyclohexanones) par le noir de platine en présence d'acide chlorhydrique les transforme en β-hydroxylamines correspondantes (*Bull. Soc. chim.*, 33, 1923, p. 538).

D'autres recherches ont trait à l'empoisonnement du catalyseur et au mécanisme de la catalyse. Parmi les résultats obtenus dans cet ordre d'idées, on peut citer les suivants :

1° Le noir de platine fatigué et devenu incapable de poursuivre une hydrogénation retrouve son activité primitive quand on le lave à l'éther et l'expose à l'air pendant quelques heures. Cette régénération simple permet de se servir presque indéfiniment du même échantillon de catalyseur.

2° Un platine capable d'hydrogéner deux substances peut, par un empoisonnement convenable, être rendu incapable d'hydrogéner l'une de ces substances, tout en conservant ses propriétés catalytiques vis-à-vis de l'autre (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 277).

3° Les corps à doubles liaisons conjuguées ne s'hydrogènent pas en 1.4 et ne sont pas plus faciles à hydrogéner que leurs isomères à doubles liaisons non conjuguées quand on emploie le platine, contrairement à ce qui a lieu avec les méthodes à l'hydrogène naissant. Ces faits viennent à l'appui de l'hypothèse d'une hydrogénation catalytique par la molécule d'hydrogène plus ou moins déformée par les forces d'adsorption (*Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 1124).

Ayant remarqué que l'hydrogénation catalytique des cétones est d'autant plus difficile que les radicaux sont plus nombreux ou plus ramifiés au voisinage de la fonction cétone, M. Vavon a été amené à penser que :

1° Quand une cétone cyclique peut donner naissance à deux alcools isomères *cis* et *trans*, c'est le *cis* (OH par rapport au radical) qui se forme dans l'hydrogénation au platine.

2° L'alcool *cis* s'éthérifie plus lentement que le *trans*, les éthers *cis* se saponifient plus lentement que les éthers *trans*.

L'expérience a vérifié ces prévisions dans le cas des bornéol et isobornéol, menthol et néomenthol, *o*-propyl, *o*-cyclohexyl, *o*- et *p*-isopropylcyclohexanols *cis* et *trans* (*Bull. Soc. chim.*, 39, 1926, p. 666).

L'empêchement stérique est surtout marqué dans la saponification des éthers à basse température : le phtalate acide de bornyle se saponifie 24 fois plus vite que le phtalate d'isobornyle, celui de menthyle 30 fois plus vite que celui de néomenthyle (T = 39°).

Cette méthode permet donc de reconnaître l'isomère *cis* de l'isomère *trans*. Elle permet également par saponification fractionnée de séparer et purifier les deux isomères. M. Vavon l'a employée en particulier à la préparation de l'isobornéol actif (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 183).

Cette méthode, dont il poursuit l'étude, paraît devoir s'appliquer à d'autres fonctions que les fonctions alcool et éther-sel.

L'activité déployée par M. Vavon dans ses recherches, le soin avec lequel elles ont été faites, ne laissant dans l'ombre aucun des côtés des questions, aussi bien au point de vue théorique qu'au point de vue pratique, ont décidé la Commission à lui attribuer une partie du prix Jecker.

PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Lindet, Béhal, Bertrand, Desgrez, Matignon; Urbain rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Job**, professeur à la Faculté des sciences, pour l'ensemble de ses recherches sur le mécanisme de l'oxydation.

C'est en étudiant les solutions alcalines de carbonate céreux que M. A. Job a découvert le premier phénomène net d'auto-oxydation à l'air par l'intermédiaire d'un peroxyde. Il a d'ailleurs réussi à isoler ce peroxyde sous la forme d'un carbonate complexe cristallisé. Cet exemple illustrait de façon certaine le mécanisme de l'oxydation par l'oxygène libre. Après avoir découvert et expliqué les propriétés du cérium comme catalyseur d'oxydation, M. A. Job a su multiplier les faits du même genre, et généraliser sa théorie. Il a distingué deux classes de catalyseurs oxydants : les uns, en se peroxydant, activent l'oxygène; les autres activent l'accepteur. Au cours de ses recherches sur les sels de cobalt et de manganèse, l'auteur a mis en relief le rôle important que joue la formation des sels complexes dans les phénomènes d'oxydation. Ses recherches récentes sur les cyanures de nickel, dont il a fait varier systématiquement la coordination et la valence, ont donné leur plein relief à ses doctrines.

La Commission a estimé que ces importantes recherches justifiaient l'attribution du Prix La Caze à M. **A. Job**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Le Chatelier, Moureu, Lindet, Béhal, Urbain, Bertrand, Desgrez, Matignon; Schlœsing, rapporteur.)

La Commission propose de partager les arrérages de la fondation entre MM. **Raymond Delaby**, préparateur à la Faculté de pharmacie pour l'ensemble de ses travaux sur les homologues de la glycérine; et **Michel Samsœn**, ingénieur des arts et manufactures, pour ses travaux sur les verres et certaine anomalie des corps amorphes.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Lindet, Béhal, Urbain, Bertrand, Desgrez; C. Matignon, rapporteur.)

M. **Louis Hackspill**, professeur de Chimie minérale à la Faculté des sciences de Strasbourg, s'est distingué par un bel ensemble de travaux extrêmement soignés dans un domaine, un peu négligé aujourd'hui, celui de la chimie minérale.

Le calcium, dont la chaleur de chloruration constitue l'une des constantes thermochimiques les plus élevées, possède en conséquence de puissantes propriétés déchlorurantes qui ont été mises à profit par M. Hackspill pour la préparation des métaux alcalins. Le calcium peut d'ailleurs être remplacé par son carbure, qui participe sensiblement des mêmes propriétés grâce à sa faible chaleur de formation.

En fait, M. Hackspill a donné, dès 1905, une méthode d'isolement du rubidium et du cæsium qui reste la meilleure méthode de préparation de ces éléments, en réduisant les chlorures correspondants par le calcium. Le potassium et le sodium ont été obtenus de même à partir de leurs chlorures en remplaçant le calcium par le carbure de calcium et ce procédé de préparation est maintenant exploité industriellement.

Ce savant a montré également que les métaux alcalins peuvent être mis en liberté dans une foule d'autres réactions, à la seule condition d'opérer dans le vide à une température où le métal possède une tension de vapeur suffisante, conformément à la loi de volatilité.

La réduction des oxydes métalliques par le cyanure de sodium se fait par un mécanisme analogue avec mise en liberté du métal alcalin, le carbone agissant seul comme réducteur.

Les méthodes de purification et de manipulation dans le vide imaginées à cette occasion par l'auteur ont été utilisées depuis par plusieurs physiciens et chimistes. M. Hackspill a su grouper autour de lui un certain nombre de travailleurs dont il a orienté l'activité dans des directions variées. C'est ainsi qu'il a publié, en collaboration avec eux, des mémoires sur le carbure de calcium, la formation d'acide nitrique dans les usines à acide carbonique, l'électrolyse en courant alternatif, une nouvelle méthode volumétrique d'analyse élémentaire de l'argon contenu dans le sang et le lait, etc.

Pendant la guerre, après avoir commandé pendant un an au front une compagnie de mitrailleuses, M. **Hackspill** a été rappelé au Matériel chimique de guerre où il a eu journellement à résoudre nombre de petits problèmes d'ordre pratique : séchage du chlore, transport du brome, appareil continu pour la préparation du chlorure stannique, etc. Son passage au contrôle des usines rhénanes pendant l'armistice lui a permis de faire un certain nombre d'observations qu'il a utilisées dans deux ouvrages de Chimie appliquée : *L'Azote* (1922) et *La Petite industrie chimique* (1925).

La Commission a jugé à l'unanimité que cet ensemble de travaux justifiait largement l'attribution du prix Houzeau.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX FONTANNES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Barrois, Wallerant, Termier, de Launay, Depéret, Haug, Joubin; Douvillé, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Léon Moret**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Grenoble, pour sa *Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Crétacé supérieur français*. C'est un ouvrage considérable de 322 pages in-4°, avec nombreuses figures dans le texte et 24 planches en photogravure, reproduisant un grand nombre de préparations de l'auteur; certaines d'entre elles peuvent être examinées avec le binocle stéréoscopique.

La France est riche en Spongiaires siliceux, mais, depuis les travaux fondamentaux de Zittel, ils n'ont été l'objet d'aucune monographie d'ensemble; c'est cette lacune que M. Moret a voulu combler.

Il examine d'abord l'organisation des Spongiaires vivants et fossiles, puis le mode de fossilisation des formes siliceuses. Il passe en revue les différentes espèces du Crétacé supérieur, en se basant sur la classification de Zittel, fondée sur la forme et l'arrangement des spicules. Il décrit et figure

successivement les Lithistides avec 64 genres et 152 espèces, puis les Hexactinellides avec 21 genres et 47 espèces.

Il étudie ensuite les conditions des divers gisements, dans le Cénomanien de l'Orne à Coulanges-les-Sablons (gisement étudié depuis plusieurs années par M. Regnard), — de la Normandie, — des Ardennes; dans le Sénonien du Var, des Basses-Alpes, du bassin de la Seine et de celui de la Loire. Tandis que les Lithistides actuels vivent de 90 à 350^{m} et les Hexactinellides jusqu'à 1200^{m}, les espèces fossiles paraissent avoir vécu à une profondeur moindre, les principaux gisements ne semblent pas avoir dépassé 300^{m}, mais en restant toujours au-dessous de la zone littorale habitée par les Rudistes.

Les Spongiaires siliceux fossiles ont un habitat restreint dans l'ouest de l'Europe et le nord de l'Afrique; ils ne sont connus ni en Asie, ni en Amérique, tandis que les formes vivantes s'étendent jusqu'au Japon et aux îles de la Sonde et dans la partie chaude de l'Atlantique jusqu'au golfe du Mexique.

Le Mémoire se termine par une comparaison des faunes françaises avec les faunes étrangères.

C'est, comme on le voit, un ouvrage magistral et qui fait honneur à la science française.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉTÉOROLOGIE ET PHYSIQUE DU GLOBE.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Hamy, Lallemand, Puiseux, Bourgeois; A. Lacroix, rapporteur.)

M. **Joseph Lacoste**, docteur ès sciences, chargé de cours à la Faculté des sciences de Strasbourg, s'est fait connaître tout d'abord par d'intéressants travaux de minéralogie entrepris dans l'actif Institut de physique du globe de Strasbourg.

Il vient de publier un travail important sur les parasites atmosphériques, continuation des recherches de M. Rothé : cette question présente un vif intérêt en raison des lumières qu'elle peut apporter sur la prévision du temps.

La Commission propose d'attribuer le prix Victor Raulin à M. **Joseph Lacoste**, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Henneguy, Mangin, Costantin, Lecomte, Molliard; Dangeard, rapporteur.)

Le mémoire présenté par M. **Robert Kühner**, docteur ès sciences, *Contribution à l'étude des Hyménomycètes et spécialement des Agaricacées,* pour le prix Desmazières, représente une contribution importante à l'étude des Basidiomycètes; ce travail prend toute sa valeur du fait que l'auteur s'est intéressé très jeune à l'étude des Champignons et qu'il a eu comme maître le savant spécialiste des Hyménomycètes, Patouillard.

M. Kühner avait d'ailleurs bien compris que pour faire avancer la science, il est utile, sinon nécessaire, d'être très au courant de la technique moderne et il s'est appliqué à devenir un bon cytologiste et un excellent anatomiste : c'est dans ces conditions qu'il a pu envisager sous leur vrai jour un certain nombre de problèmes encore obscurs ou controversés.

Je n'en citerai qu'un parmi les plus importants.

Jusqu'ici, pour établir l'origine profonde ou superficielle des hyméniums qui caractérise l'angiocarpie ou la gymnocarpie, on avait eu surtout recours à des cultures de laboratoire; mais ces cultures sont difficiles à obtenir et quelques rares espèces avaient pu être étudiées ainsi dans leurs stades les plus jeunes.

M. Kühner, pour un certain nombre d'espèces, a réussi, au prix de patients efforts, à récolter dans le milieu même où vivent ces Champignons, toute la série des stades successifs, depuis la grosseur d'une tête d'épingle jusqu'à la dimension définitive qui peut être celle d'un Bolet ou d'une Psalliotte. En possession de ces matériaux, il a effectué pour chacun des stades de nombreuses coupes en série, qu'il ne lui restait plus qu'à interpréter; la systématique des Champignons supérieurs aura à tenir compte, dans une large mesure, des résultats nouveaux obtenus.

Votre rapporteur propose d'accueillir favorablement la demande de M. **Kühner** en lui accordant le prix Desmazières.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Henneguy, Costantin, Lecomte, Molliard; Mangin, Dangeard, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 1000^{fr} à M. **Georges Mangenot**, assistant à la Sorbonne, pour ses mémoires sur les algues.

Un prix de 500^{fr} à M. **Pierre Dombray**, préparateur à la Faculté de médecine de Nancy, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude des corps oléiformes des hépatiques des environs de Nancy*.

Rapport de M. Mangin *sur les mémoires de M.* **Mangenot**.

M. Mangenot a présenté à l'examen de votre Commission deux mémoires sur la structure des algues.

Le premier est consacré à l'étude des communications protoplasmiques de l'appareil sporogène qui, comme on le sait, vit en parasite au sein du thalle. L'auteur montre que le syncytium, cellule volumineuse qui forme la base de l'appareil sporogène et qui résulte de la fusion de cellules du thalle et de cellules de l'appareil sporogène, constitue chez certaines algues (*Griffihtsia Nitophyllum, Delestseria, etc.*) une sorte d'appareil placentaire par lequel passent les matériaux nutritifs destinés à l'appareil sporogène.

Ce syncytium présente de larges orifices qui le mettent en communication

avec les cellules voisines; au niveau de ces orifices les masses protoplasmiques contiguës présentent des disques de substance très dense et très réfringente qui demeurent séparés et forment des plasmodermes à travers lesquels s'opère la diffusion des substances nourricières. Non seulement le syncytium est la cellule distributive des matériaux nutritifs, mais il serait encore le siège de la formation de substances élaborées. La grande taille de ces plasmodermes a permis de reconnaître leur structure et d'établir des comparaisons intéressantes avec les éléments des tubes criblés.

Le second mémoire de M. Mangenot est consacré à l'étude des constituants morphologiques de la cellule des algues. Par de nombreux exemples, l'auteur établit la dualité des chondriosomes dont les uns évoluent en donnant les plastes doués d'activité sécrétrice; les autres, à rôle inconnu, conservent leur forme initiale; ces résultats confirment la théorie émise par Guillermond. Parmi les autres produits cellulaires, M. Mangenot établit que les corps désignés chez les Phæophycées sous les noms de physodes, grains de fucosane, ne sont autre chose que des précipités de substances phénoliques déposés dans les vacuoles.

La précision des procédés d'investigation, l'intérêt des résultats originaux publiés dans ces mémoires déterminent votre Commission à vous proposer d'attribuer un prix Montagne de 1000[fr] à M. **Mangenot**.

Rapport de M. Dangeard *sur l'ouvrage de M.* **Pierre Dombray**, *intitulé :* Contribution à l'étude des corps oléiformes des hépatiques des environs de Nancy.

Les documents relatifs aux corps oléiformes des hépatiques étaient jusqu'ici notoirement insuffisants et donnaient lieu à des interprétations contradictoires.

On doit savoir gré à l'auteur d'avoir repris cette étude : il a rencontré les formations en question chez plus de trente espèces et, pour chacune d'elles, il a constaté que les caractères de forme, de nombre, de grandeur et de situation intracellulaire sont constants pour une même espèce.

Par des expériences extrêmement nombreuses et d'une grande précision, M. Pierre Dombray a démontré que ces prétendus corps oléiformes représentent en réalité des vacuoles à essence; cette essence, obtenue par distillation, est un composé complexe constitué par un mélange de terpènes et de sesquiterpènes; le résidu de la distillation est un liquide jaune brun contenant du tannin.

L'effort fourni dans ce travail est considérable et les résultats obtenus justifient l'attribution à M. **Pierre Dombray** d'une partie du prix Montagne.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Henneguy, Costantin, Lecomte, Dangeard, Molliard; Mangin, rapporteur.)

Votre Commission a retenu pour le prix de Coincy l'œuvre bryologique de M. **Irénée Thériot**, correspondant du Muséum, consacrée à l'analyse et à la spécification des mousses exotiques.

Signalons dans cette œuvre les mémoires qui complètent et précisent la flore de la Nouvelle-Calédonie, ébauchée par Bescherelle, et où l'auteur a pu décrire 150 espèces dont 110 nouvelles; ceux qui sont consacrés à la flore de Costa-Rica, du Chili, de l'Annam, de l'Afrique occidentale et de Madagascar. Pour cette dernière colonie, après les beaux travaux de Renaud et de Cardot, l'auteur a encore décrit 60 espèces dont 42 nouvelles.

Les résultats obtenus par M. **Thériot** sont intéressants pour la connaissance de la flore exotique, et votre Commission vous propose de lui attribuer le prix de Coincy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Henneguy, Marchal, Joubin, Gravier; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Édouard Chatton**, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Strasbourg.

La production scientifique que M. Chatton fournit depuis 1906 est, à

l'exception d'un ensemble de publications relatives aux Crustacés parasites des Ascidies et d'un mémoire sur le Ver de Guinée, exclusivement protozoologique. Ce qui semble, à première vue, être une spécialisation, apparaîtra au contraire, si l'on veut bien considérer l'extension de cette partie de la Zoologie durant le dernier demi-siècle, comme une œuvre d'autant plus étendue et diverse en ses moyens et résultats, qu'elle est, non seulement morphologique et systématique par la mise au jour et la description de nombreuses formes ou séries nouvelles de tous les groupes de Protozoaires, mais encore cytologique, biologique et expérimentale. Ainsi nous signalerons de suite, dans ce dernier ordre d'idées, les recherches de M. et Mme Chatton sur les conditions de la multiplication et le déterminisme de la conjugaison chez les Infusoires. Travaillant dans des conditions de précision technique non réalisées jusqu'alors dans ces recherches, ils déterminent à volonté la sexualité dans leurs cultures et montrent qu'elle est sous la dépendance prédominante, sinon exclusive, de facteurs externes : électrolytes, éléments de la flore bactérienne, etc.

Dans le domaine cytologique, mentionnons des études sur le noyau et la mitose des Amibes qui, il y a 15 ans, représentaient, en face des spéculations théoriques très en vogue (théorie chromidiale) et maintenant discréditées, l'objectivité et la solidité scientifiques. Signalons aussi la démonstration de l'autogenèse des cnidocystes des Péridiniens. Ils étaient considérés jusqu'alors (ainsi d'ailleurs que les cnidocystes des Cœlentérés) comme de banales inclusions cellulaires; M. Chatton montre qu'ils sont les homologues d'un appareil cinéto-flagellaire, d'une « cinétide », et que, comme toute cinétide, ils proviennent d'une cinétide préexistante. La notion de la cinétide, unité de structure cinéto-flagellaire, douée d'une certaine autonomie dans l'énergide, que M. Chatton a conçue, semble devoir être une clef utile pour la morphologie comparée des Protozoaires.

Dans le domaine systématique, nous ne pouvons énumérer ni résumer de nombreuses études de formes nouvelles dont beaucoup sont importantes à divers points de vue. Nous ne ferons état que des ensembles :

Les Péridiniens parasites, travail déjà récompensé par l'Académie. Inconnus en 1906, ils constituent aujourd'hui 6 familles avec 13 genres et 38 espèces; presque tous ont été mis au jour par M. Chatton. On y trouve tous les degrés et tous les modes de parasitisme avec les adaptations et les régressions morphologiques correspondantes;

Les Infusoires parasites des Cténodactyles et des Hyracoïdes (avec la collaboration de Ch. Pérard) et deux séries de recherches effectuées en

collaboration avec A. Lwoff, l'une sur les Infusoires parasites phorétiques des Crustacés décapodes, l'autre sur un ensemble homogène de formes, toutes parasites ou commensales des Mollusques acéphales, que les auteurs ont appelé les Thigmotriches et qui constituent une des séries évolutives les plus suggestives à l'appui du transformisme.

M. Chatton, qui appartint pendant plus de 10 ans à l'Institut Pasteur et qui fut chargé par lui à deux reprises de missions en Tunisie, où il travailla auprès de M. Ch. Nicolle, a fourni aussi sa contribution à la connaissance des Protozoaires pathogènes : études sur les Trypanosomides, les Flagellés intestinaux dont il réalisa le premier la culture pure, l'Amibe dysentérique qu'il réussit à inoculer au cobaye et dont il observa le dékystement, les Toxoplasmes, les Hémogrégarines; il a étudié aussi les bactéries pathogènes du Hanneton et du Ver à Soie.

Ce court résumé montre l'extrême variété et l'intérêt de l'œuvre de M. **Chatton** qui est devenu un des représentants les plus qualifiés de la Zoologie française. Il justifie le choix de la Commission.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil; Gravier, rapporteur.)

Parmi les riches matériaux malacologiques que le Dr Jousseaume avait recueillis dans la mer Rouge et qu'il avait généreusement donnés au Muséum national d'Histoire naturelle, M. **Édouard Lamy**, assistant au laboratoire de Malacologie du même établissement, a entrepris plus spécialement l'étude des Mollusques Lamellibranches et il a publié actuellement une vingtaine de notes sur différents groupes : Lucines, Diplodontes, Mactres, Lutraires, Cypricardes, Arches, Tellines, Moules, Limes, Chames, Myes, etc., et tout particulièrement sur les formes perforantes : Clavagelles, Tarets, Pholades, Gastrochènes.

Toutes ces études spéciales sur la faune de la mer Rouge ont été reprises et fondues dans la série des seize Mémoires que M. Édouard Lamy a publiés depuis 20 ans sur la revision systématique des familles de Lamellibranches, et qui constituent peu à peu le catalogue complet des espèces de la collection du Muséum : œuvre de longue haleine, qui, pour sa modeste part,

évitera peut-être à certains esprits moroses d'être aussi affirmatifs quand ils prétendent que l'entreprise des catalogues méthodiques est l'apanage des Musées étrangers.

Dans ces 10 dernières années, M. Édouard Lamy a fait paraître successivement les révisions suivantes : *Crassatellidæ, Mactridæ, Astartidæ, Cypricardiacea, Isocardiacea, Lucinacea,* et divers groupes de Mollusques lithophages : *Venerupis, Petricola, Saxicava, Gastrochæna, Pholas.*

M. **Édouard Lamy** est un de ces savants modestes, d'une solide érudition et d'une haute conscience, qui font — et ce n'est point si banal actuellement — plus de besogne que de bruit. Un bien petit nombre de lauréats du prix Savigny ont pu présenter à l'Académie des sciences des titres comparables aux siens. Aussi, votre Commission vous propose-t-elle, à l'unanimité, de lui attribuer ce prix pour l'année 1926.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, A. Lacroix, Douvillé, Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier; Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Rémy Perrier**, professeur à la Faculté des sciences, pour ses deux volumes entomologiques de la Faune de France.

M. **Rémy Perrier** a entrepris de combler une lacune qui rendait presque inabordable aux zoologistes débutants la connaissance des espèces propres à notre pays. Les rares ouvrages publiés jusqu'ici dans ce but étaient trop arides et trop techniques pour conduire au résultat désiré, ils rebutaient les volontés les plus fermes et les courages les plus tenaces. M. Rémy Perrier a rompu le détestable charme : sa *Faune de la France* est faite de tableaux synoptiques simplement conçus qu'éclaire merveilleusement un luxe de figures toutes intercalées dans le texte à côté même du paragraphe qu'elles doivent concrétiser. Ces figures sont fines, très exactes, toutes originales et exécutées d'après nature par l'auteur lui-même ou par les spécialistes dont il a su s'entourer. Elles donnent aux volumes de la Faune un vif attrait et, avec la composition qui est fort soignée, font de ces volumes de vrais petits bijoux zoologiques. C'est un plaisir de travailler ayant en main de pareils guides; les jeunes générations sont vraiment bien heureuses;

avec la *Faune*, elles peuvent s'initier à la connaissance de toutes nos espèces communes et s'acheminer doucement aux études complètes que permettent les savants volumes sur la faune de France publiés sous les auspices de l'Académie par la Fédération française des sciences naturelles.

La Faune de France de M. Rémy Perrier comprendra dix volumes, dont trois ont paru, deux d'entre eux étant consacrés à l'entomologie. C'est à cette œuvre entomologique que votre Commission se propose d'accorder le prix Thore; l'un de ces volumes traite des Myriapodes et des Insectes primitifs, le second qui vient de paraître, des Hémiptères et des Lépidoptères; quatre autres volumes compléteront la Faune pour l'entomologie, mais d'ores et déjà il convient de récompenser et de mettre en relief l'entreprise bienfaisante et hautement originale que conduit avec tant de succès M. **Rémy Perrier**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu; Widal, Bazy, Mesnil, Vincent, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500fr à MM. **Maurice Blanchard** et **Gustave Lefrou**, de l'Institut Pasteur de Brazzaville, pour leurs recherches sur les spirochétoses aiguës de l'Afrique équatoriale française.

Un prix de 2500fr à MM. **Louis Fournier**, médecin à l'hôpital Cochin, et **Louis Guénot**, assistant à l'hôpital Cochin, pour leurs travaux sur la bismuthothérapie de la syphilis.

Un prix de 2500fr à M. **Étienne Burnet**, sous-directeur de l'Institut Pasteur de Tunis, pour ses travaux sur la fièvre méditerranéenne.

Une mention honorable de 1500fr à M. **Jules Le Calvé**, docteur en médecine, pour son ouvrage intitulé : *L'œdème, étude expérimentale et clinique.*

Une mention honorable de 1500fr à M. **W. B. Palgen**, de la Faculté de pharmacie de Nancy, pour son ouvrage intitulé : *Essai sur la biologie de quelques bactéries.*

Une mention honorable de 1500fr à M. **Alfred Weiss**, chef de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses recherches cliniques et expérimentales sur la colectomie.

Une citation à M. **Maurice Cuvigny**, ancien interne des hôpitaux, pour son *Étude anatomo-pathologique de la tête fémorale au cours des fractures du col.*

Une citation à M. **Leroux-Robert**, ancien assistant de la Salpêtrière, pour son ouvrage intitulé : *La haute fréquence en oto-rhino-laryngologie.*

Une citation à M. **Raymond Turpin**, docteur en médecine, pour son ouvrage intitulé : *La tétanie infantile.*

Une citation à M. **Marcel Sendrail**, aide de clinique médicale à la Faculté de médecine de Toulouse, pour son ouvrage intitulé : *Étude de carcinologie expérimentale.*

Une citation à M. **Charles Dejean**, aide de clinique ophtalmologique à la Faculté de médecine de Montpellier, pour son mémoire intitulé : *Recherches sur la zonule de Zinn.*

Rapport de M. F. Mesnil *sur les travaux de MM.* **Maurice Blanchard** *et* **Gustave Lefrou**, *relatifs aux spirochétoses aiguës de l'Afrique équatoriale française.*

Deux faits importants se dégagent de cette série de travaux :

1° L'existence d'une fièvre bilieuse hémoglobinurique à spirochètes. Les auteurs ne contestent pas que le syndrome bilio-hémoglobinurique peut relever d'autres causes, au premier rang desquelles il faut toujours citer le paludisme. Mais leur fièvre à spirochètes a quelques caractères cliniques particuliers et une distribution géographique bien limitée. Le spirochète, toujours rare dans le sang, est mis en évidence par la méthode de la triple centrifugation. A partir d'un cas, le cobaye a pu être infecté en série et a présenté un syndrome hémorragique rappelant celui de l'homme : hématurie; pas d'ictère;

2° La présence à Brazzaville d'un ictère infectieux épidémique, rappelant à la fois la spirochétose ictéro-hémorragique et la fièvre jaune, et transmis par les punaises, ainsi que le prouvent l'épidémiologie et la reproduction expérimentale chez le cobaye par des punaises ayant piqué plus d'un mois auparavant des animaux infectés. C'est la première fois qu'on établit, par des expériences rigoureuses, le rôle des punaises dans la transmission des spirochétoses.

Votre Commission estime que l'intérêt de ces faits justifie l'attribution aux auteurs d'un des prix Montyon.

Rapport de M. WIDAL *sur les travaux de MM.* **LOUIS FOURNIER** et **LOUIS GUÉNOT**.

Dès 1921, immédiatement après que MM. Sazerac et Levaditi eurent communiqué leurs belles recherches sur le pouvoir antisyphilitique du bismuth, MM. les Drs **LOUIS FOURNIER** et **LOUIS GUÉNOT** entreprirent la thérapeutique de ce corps dans la syphilis humaine. Quatre ans et demi d'observation et une expérimentation portant aujourd'hui sur 3000 malades, leur ont permis d'affirmer que le bismuth est une arme puissante contre la syphilis, ne le cédant à aucune autre en efficacité, innocuité et facilité d'emploi.

Grâce à MM. Louis Fournier et Louis Guénot, l'efficacité du bismuth est aujourd'hui universellement reconnue à toutes les périodes de la maladie, depuis le début du chancre jusqu'aux accidents viscéraux les plus tardifs, dans la syphilis acquise comme dans la syphilis héréditaire. La méthode nouvelle paraît bien marquer un des grands progrès jusqu'ici réalisés en thérapeutique syphilitique. Voilà pourquoi votre Commission vous propose d'accorder le prix Montyon à MM. **LOUIS FOURNIER** et **LOUIS GUÉNOT**, qui ont tant contribué à la faire entrer dans la pratique.

Rapport de M. WIDAL *sur les travaux de M.* **ÉTIENNE BURNET**.

Depuis plusieurs années, M. **ÉTIENNE BURNET** poursuit, au laboratoire de l'Institut Pasteur de Tunis, une série de recherches sur la Fièvre de Malte. Il en est dont les résultats sont d'un intérêt capital par les grands services qu'ils ont rendus à la pratique.

On doit tout d'abord à M. Burnet un nouveau procédé de diagnostic de

la Fièvre de Malte par intradermo-réaction, procédé presque infaillible, d'une grande utilité pour les médecins qui n'ont pas la ressource d'un laboratoire et ne peuvent pratiquer la réaction agglutinante de l'hémoculture. Ce procédé est d'autant plus précieux que l'isolement du microbe à l'heure actuelle n'est pas toujours facile et demande parfois quatre à six jours ; la réaction agglutinante, de son côté, peut ne pas donner de réponse dans 20 à 25 pour 100 des cas.

M. Burnet, d'autre part, a bien mis en évidence la possibilité de pouvoir pratiquer la vaccination de l'homme contre le *Micrococcus melitensis*, vaccination indispensable pour les savants qui manient ce microbe. M. Burnet a fait valoir que, malgré l'identité botanique et biochimique du *Micrococcus melitensis* et du *Bacillus abortus* ou microbe de l'avortement épizootique, ce dernier n'est pas pathogène pour l'homme, mais le vaccine contre la Fièvre de Malte. C'est lui qui doit être employé dans la pratique des vaccinations, puisque sa manipulation est moins dangereuse. On voit par là les services que peuvent rendre les constatations faites par M. **Burnet** ; aussi votre Commission vous propose-t-elle de lui accorder un prix Montyon.

Rapport de M. Widal *sur l'ouvrage de M.* **Jules Le Calvé**, *intitulé :* L'Œdème, étude expérimentale et clinique.

M. **Jules Le Calvé**, dans une monographie très complète, a fait une révision des notions que nous possédons sur l'œdème. Tous les détails concernant la constitution chimique des sérosités, la topographie et la séméiologie des œdèmes, ainsi que leur pathogénie, sont consignés dans ce livre. L'auteur apporte, en plus, une série de faits cliniques et expérimentaux en faveur de la relation qui existe entre le choc hémoclasique et certains œdèmes aigus. Votre Commission vous propose d'accorder au Dr **Le Calvé** une mention du prix Montyon.

Rapport de M. Bazy *sur les recherches de M.* **Alfred Weiss**.

Recherches cliniques et expérimentales sur la colectomie — Mécanisme de la colisation de l'intestin grêle : tel est le titre du travail envoyé par M. **Alfred Weiss**, chef de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Strasbourg, et, en sous titre, il indique : *Le rôle des transformations anatomo-physiologiques et de la spécificité cellulaire dans l'adaptation fonctionnelle.*

Dans ce mémoire, il montre que l'intestin grêle joue, au bout d'un certain temps, après des opérations dans lesquelles on a supprimé tout ou partie du côlon, le rôle du côlon et comment il le joue.

Il étudie les suites éloignées d'opérations pratiquées sur des malades (ces suites éloignées sont bonnes en général après une période transitoire de diarrhée et de coliques), et la radiographie de cette partie du tractus intestinal montre une dilatation d'une petite partie de l'intestin grêle.

Que s'est-il passé ?

Il fallait demander la réponse à la chirurgie expérimentale, et par des opérations pratiquées sur le chien, il montre que seuls changent le calibre et la musculature de l'iléon; la structure anatomique des cellules épithéloïdes et des glandes de l'intestin grêle ne changent pas, et c'est ce qu'ils ont vu dans une pièce recueillie sur un malade 13 ans après une opération d'anastomose iléo-colique.

Du reste, tout ceci est conforme à ce que nous apprend l'embryogénie et l'ontogénie. Et c'est ce qu'expose M. **A. Weiss** dans une série de chapitres où, après un premier chapitre sur la chirurgie anatomique et la chirurgie fonctionnelle, il traite de l'adaptation fonctionnelle, de la spécificité cellulaire, de la différenciation cellulaire et de l'anamorphose, et il trouve dans les réflexions que lui ont suggérées ses lectures sur ces différents points une justification de ses recherches expérimentales et de ses travaux anatomo-pathologiques.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent; Roux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Jules Bridré**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Paris, et **André Donatien**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur d'Algérie, pour leurs travaux sur le microbe de l'agalaxie contagieuse du mouton et de la chèvre.

MM. Jules Bridré et André Donatien présentent au concours du prix Bellion un travail sur l'agalaxie, maladie contagieuse des moutons et des chèvres qui frappe surtout les femelles en lactation et se traduit par des mammites avec perte du lait, des arthrites et des kératites. On savait que le virus de cette affection passe à travers certaines bougies filtrantes, mais il était resté inconnu jusqu'aux recherches de MM. Bridré et Donatien qui

l'ont isolé en culture pure et en ont étudié la morphologie et les propriétés. Par son mode de culture et ses caractères biologiques le microbe de l'agalaxie se rapproche de celui de la péripneumonie des bovidés, il en diffère par des propriétés pathogènes. Par l'injection répétée de cultures à des animaux (mouton, chèvre, cheval), il est possible d'obtenir un sérum préventif contre l'agalaxie. Les essais d'immunisation active ont fourni des résultats satisfaisants chez les jeunes animaux, mais insuffisants sur les chèvres laitières.

Le travail de MM. **Bridré** et **Donatien** contient des faits nouveaux; les auteurs espèrent résoudre le problème difficile mais important de l'immunisation active des chèvres laitières, ils méritent d'être encouragés dans cette recherche.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Vincent; Roux, Mesnil, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 3500fr à M. **Yves Kermorgant**, ancien interne des hôpitaux de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude de l'étiologie des oreillons*;

Un prix de 1500fr à M. **Charles Pérard**, vétérinaire sanitaire de la ville de Paris et du département de la Seine attaché à l'Institut Pasteur, pour ses recherches sur les coccidies et les coccidioses du lapin.

Rapport de M. Roux *sur l'ouvrage de M.* **Yves Kermorgant**.

M. **Yves Kermorgant** a présenté au concours pour le prix Bréant sa Thèse de doctorat en médecine sur les oreillons.

Nombre de chercheurs ont essayé de découvrir le microbe qui cause cette maladie; ils ont isolé soit du sang, soit de la salive, des espèces microbiennes variées que l'on a bientôt reconnu ne jouer aucun rôle dans les oreillons. Cependant plusieurs expérimentateurs ont pu donner l'affection ourlienne au macaque, au lapin et au chat. M. Kermorgant est allé plus

avant, il nous a fait connaître le véritable microbe des oreillons. Il l'a obtenu en culture en ensemençant le liquide de lavage de la bouche des patients au début de la maladie, dans un milieu composé de sérum de cheval dilué dans de l'eau physiologique et additionné d'extrait de globules rouges. Après quelques passages dans ce milieu, les microbes banaux de la salive sont éliminés et l'on ne voit plus dans les cultures qu'un bacille mobile et un spirochète. Cette culture mixte inoculée dans la parotide d'un singe détermine, après incubation, une parotidite qui s'étend à la parotide de l'autre côté; injectée dans les testicules, elle provoque une orchite double et une parotidite caractéristique. Dans une série d'expériences démonstratives, M. Kermorgant montre que la présence de la bactérie est indispensable pour le développement du spirochète dans le milieu de culture, mais que cette bactérie ne joue aucun rôle dans la production de l'affection, puisque, inoculée à l'état de culture pure, elle est tout à fait inoffensive. Le spirochète seul est le virus des oreillons.

L'auteur a étudié la morphologie du spirochète, son évolution dans les cultures, sa transformation en fins granules passant à travers les filtres de porcelaine, sa différenciation d'avec les autres spirochètes déjà connus, qui eux sont incapables de provoquer la maladie ourlienne. La spécificité de ce spirochète est confirmée par les réactions sérologiques. Il est agglutiné et lysé par le sérum des sujets guéris des oreillons.

La découverte de M. **Kermorgant** a résolu une question depuis longtemps à l'étude; elle suggère des expériences de thérapeutique et de vaccination que l'auteur a commencées.

Rapport de M. F. Mesnil *sur les travaux de M.* **Ch. Pérard** *concernant les coccidies et coccidioses du lapin.*

Cette question complexe, qui a donné lieu à de très nombreux travaux, renfermait encore des points obscurs. C'est ainsi que l'on n'était pas définitivement fixé sur le nombre des espèces qui parasitent le lapin. M. **Pérard** établit, par des expériences conduites avec toute la rigueur expérimentale nécessaire, que le lapin héberge trois espèces de coccidies, ayant des caractères morphologiques qui permettent de les distinguer aussi bien au stade schizogonique qu'au stade sporogonique. Ce sont :

Eimeria stiedæ (Lind.), parasite des voies biliaires;

Eimeria perforans (Leuck.) et *Eim. magna*, n., parasites intestinaux.

Les conditions de maturation des kystes dans le milieu extérieur sont

étudiées avec une grande précision. Enfin, une étude minutieuse de l'action des agents physiques et chimiques conduit M. **Pérard** à poser, sur des bases précises, la question de la prophylaxie des coccidioses (qui peut être généralisée aux autres coccidies d'animaux à sang chaud). La conclusion qui se dégage est que les antiseptiques bactéricides sont sans action et que, pour détruire les oocystes, il faut surtout avoir recours aux moyens physiques : dessiccation, températures élevées.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent; Henneguy, rapporteur.)

L'ouvrage de M. **Christian Champy**, *Sexualité et hormones*, est une mise au point d'une question étudiée spécialement par l'auteur et à laquelle il apporte une contribution importante.

Après avoir exposé l'évolution des caractères sexuels primaires, c'est-à-dire des glandes génitales, il aborde l'étude des caractères sexuels secondaires, permanents et temporaires. Il appelle l'attention sur un phénomène qu'il a observé sur les animaux et qu'il désigne sous le nom de *dysharmonie* : il n'y a pas de proportionnalité entre la taille de l'individu et le développement d'un organe différenciant le sexe; la taille de cet organe croît plus vite que la taille somatique. L'auteur donne des exemples nombreux de ce phénomène constaté surtout chez les Arthropodes et les Vertébrés. La dysharmonie serait due à une action de l'hormone sexuelle qui déterminerait une accélération constante de la croissance de l'organe spécial constituant un caractère sexuel secondaire. Il faut distinguer la part de l'hormone et celle de la nutrition générale de la masse somatique dans les phénomènes de croissance influencés par la sexualité.

Beaucoup d'autres faits concernant le mode d'action des diverses hormones sur les phénomènes de croissance et aussi sur le mode de développement des glandes génitales sont groupés dans cet ouvrage. Relativement à l'hormone sexuelle l'auteur conclut qu'elle est tantôt excitante, tantôt inhibitrice, qu'elle n'agit pas quantativement, mais qualitativement, enfin qu'il n'y a aucune raison pour localiser l'hormone dans une catégorie spéciale de cellules (cellules interstitielles).

La Commission propose d'attribuer le prix Godard à M. C. **Champy**, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Paris, et une mention honorable à M. **Jacques Benoit**, préparateur d'histologie à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour son travail : *Recherches anatomiques, cytologiques et histophysiologiques sur les voies excrétrices du testicule chez les Mammifères.*

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil; Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Alberico Benedicenti**, professeur de pharmacologie à l'Université de Gênes, pour son ouvrage intitulé : *Malati, medici e farmacisti.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent; Roux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Stefan Nicolau**, assistant à l'Institut Pasteur, pour l'ensemble de ses travaux.

Depuis 1921, M. Nicolau a été le collaborateur de M. Levaditi dans ses importants travaux sur la syphilis, sur l'encéphalite léthargique, sur l'herpès, sur le neurovaccin, sur la rage, sur l'encéphalite spontanée du lapin.

Dans sa Thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, M. Nicolau étudie comment le bismuth et ses composés, en présence des extraits d'organes, se transforment en un produit protéobismuthique (bismoxyl) enfermant de petites quantités de métal et cependant doué d'une propriété spirillicide intense. L'auteur détermine l'aptitude des extraits des divers organes à former le bismoxyl. Il a montré que la matière organique (bismogène) qui s'unit au bismuth résiste à la chaleur. Il nous fait connaître les propriétés du bismoxyl préparé dans différentes conditions, il établit ses propriétés et

son action thérapeutique. Ce composé organo-métallique injecté aux lapins et aux singes porteurs de lésions syphilitiques amène la prompte disparition du tréponème et la guérison. Chez l'homme, atteint de syphilis, les résultats ne sont pas moins satisfaisants. La guérison est obtenue avec une quantité de bismuth très petite, ce qui est un grand avantage. Dans l'organisme des syphilitiques auxquels on a injecté du bismuth ou des composés bismuthiques, le bismoxyl se forme dans les tissus et c'est lui qui agit. Une très petite quantité du bismuth introduit entre en combinaison organique, le surplus est lentement éliminé par les reins. On conçoit l'avantage qu'il y aurait à injecter le bismoxyl tout fait et à éviter à l'organisme un travail qu'il ne fait pas toujours bien. Si cette combinaison protéobismuthique n'est pas encore entrée dans la pratique, c'est qu'elle contient une protéine étrangère au corps de l'homme et qu'après quelques injections elle détermine de l'urticaire et des réactions locales qu'on parviendra sans doute à éviter dans l'avenir.

La thèse de M. **Nicolau** contient beaucoup de faits intéressants qui lui appartiennent en propre et qui prouvent son habileté à expérimenter et sa sagacité.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LARREY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil; Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Charles Spire**, médecin principal de 2e classe, et **Pierre Lombardy**, médecin-major de 2e classe, pour leur ouvrage intitulé : *Précis d'organisation et de fonctionnement du service de santé pendant la guerre.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CHARLES MAYER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent.)

Le prix n'est pas décerné.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Roux, Henneguy, Mangin, Richet, Quénu, Widal; d'Arsonval, Mesnil, rapporteurs.)

La Commission propose de partager le prix entre :

M. **Marcel Duval**, docteur ès sciences, pour ses *Recherches physico-chimiques et physiologiques sur le milieu intérieur des animaux aquatiques, modifications sous l'influence du milieu extérieur ;*

MM. **Auguste Quidor**, professeur à l'École Colbert, et **Marcel Hérubel**, préparateur à la Faculté des sciences, pour leur mémoire sur *une nouvelle théorie des perceptions visuelles et ses applications*.

Rapport de M. F. Mesnil *sur le travail de M.* **Marcel Duval** *intitulé* : Recherches physico-chimiques et physiologiques sur le milieu intérieur des animaux aquatiques. Modifications sous l'influence du milieu extérieur.

Ce travail, très soigné, qui comporte un grand nombre d'analyses précises, est une contribution importante au problème de la concentration moléculaire du sang d'animaux variés, invertébrés et vertébrés, marins et d'eau douce, problème qui a déjà été fouillé par nombre de physiologistes. Voici quelques résultats :

Par une exception unique, le sang des Sélaciens a une concentration supérieure de 0°,1 à celle de l'eau de mer. Le sang des Téléostéens marins est hypotonique par rapport à l'eau de mer. Le milieu intérieur des Crustacés d'eau douce est très hypertonique au milieu ambiant : on arrive à $-1°,17$ comme point cryoscopique avec la telphuse.

Cette concentration n'est pas due tout entière au NaCl du milieu intérieur, une partie est produite par de l'urée. Le rapport $\frac{\text{conc. moléc. en NaCl}}{\text{conc. totale}}$ n'est que de 0,66 pour les Mammifères et va en croissant quand on passe

aux animaux inférieurs; il atteint 1 environ pour les Échinodermes et les Vers.

M. **Duval** étudie les variations de cette concentration moléculaire avec la modification de la salinité externe : par exemple, le milieu intérieur de la telphuse varie fortement, bien que lentement; le sang du *Carcinus mænas*, normalement isotonique à l'eau de mer, lui devient hypertonique quand on abaisse la concentration de cette eau.

Enfin ce travail contient aussi des données sur la réaction ionique, tant des animaux aquatiques (sang et tissus) que de l'eau qui les baigne. Il est montré en particulier que les ions H et OH sont par eux-mêmes peu toxiques.

Rapport de M. d'Arsonval *sur le mémoire de MM.* **Quidor** *et* **Hérubel**.

Observations et expériences ont permis aux auteurs de donner une nouvelle théorie de la vision, de faire connaître les différents facteurs du relief et de résoudre le problème de l'enregistrement et de la projection du relief par le film cinématographique.

C'est par un acte psychique que les excitations de la rétine perçues par le cerveau nous font connaître la forme, la grandeur et la distance des objets. En d'autres termes, la perception du relief est donnée par une comparaison des perceptions présentes avec les perceptions passées, qui ont été contrôlées par les autres sens et confiées à la mémoire.

Cette perception peut être monoculaire et donnée par la fusion psychique d'images différentes des mêmes objets et reçues par une même rétine. La vision binoculaire augmente simplement le nombre des images perçues et précise ainsi la forme et la distance des objets. Les phénomènes de convergence n'ont d'autre rôle que d'assurer l'unité de sensation.

L'Académie adopte les propositions de a Commission.

PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. Roux, Henneguy, Mangin, Richet, Quénu, Widal; d'Arsonval, rapporteur.)

Le Dr **Georges Weiss**, doyen de la Faculté de médecine de Strasbourg, est un ancien élève de l'École polytechnique.

Depuis l'année 1884 où il entra comme préparateur de la chaire de

physique à la Faculté de médecine de Paris, tous ses travaux ont porté sur la physique biologique et ses applications à la médecine.

On lui doit nombre de recherches originales sur l'électrolyse des tissus, la résistance électrique du corps humain, le travail musculaire, l'optique physiologique, la chaleur animale et les échanges gazeux, etc.

Les deux grandes questions qui ont surtout absorbé l'activité de M. Weiss se rapportent aux phénomènes de la contraction musculaire et de l'excitation électrique.

M. Weiss a d'abord montré que l'excitation du nerf et la propagation de l'influx nerveux sont, dans leur essence même, des phénomènes d'ordre complètement différent de la contraction musculaire.

Cette dernière est un des phénomènes les plus mystérieux de la biologie.

Tous les auteurs en ont cherché la cause dans des changements se produisant dans la substance même du muscle.

Pour M. Weiss ce tissu ne serait que le support du phénomène qui produit la force de contraction, de même qu'un solénoïde n'est que le support du courant qui produit son raccourcissement indépendamment du métal dont il est fait.

L'espace très limité qui m'est réservé ne permet pas de développer les raisons expérimentales motivant cette conception originale.

Poursuivant l'étude de l'Énergétique musculaire, M. Weiss a montré que les travaux de Chauveau sur ce sujet rentraient dans les lois générales de la mécanique, à condition de redresser certaines confusions de terminologie qui en rendaient la lecture difficile ou contradictoire.

Chauveau, je peux en témoigner, a su gré à M. Weiss de cette mise au point de ses propres recherches.

La partie la plus originale de l'œuvre scientifique de M. Weiss se rapporte à l'excitation électrique des nerfs et des muscles.

Avant lui, nos seules connaissances sur ce sujet reposaient sur la loi de du Bois Reymond tirée de l'excitation produite par la fermeture ou par la rupture d'un courant continu; simple hypothèse se résumant en ces termes :

« L'excitation électrique est due à la variation d'intensité du courant traversant le nerf ou le muscle. »

J'avais reconnu l'importance qu'il y a à déterminer tout d'abord les facteurs physiques de la décharge dont dépend l'excitation de cette courbe que j'ai appelé *caractéristique d'excitation*.

C'était, évidemment, le premier pas à faire, mais l'expérience démontra

qu'on ne pouvait relier la valeur de l'excitation physiologique à la seule caractéristique d'excitation.

Il y avait un autre facteur bien plus important : *celui de la durée de la décharge comprise dans la période latente*.

A M. Weiss revient le mérite de l'avoir mis en lumière.

Ce n'était pas commode, car étant donné sa brièveté, il était très difficile de faire varier à volonté et d'évaluer le temps d'action de cette décharge.

M. Weiss y est arrivé à l'aide d'un excitateur spécial; son pistolet pneumatique qui donne le temps en dix-millièmes de seconde.

Il put ainsi formuler la loi suivante qui porte son nom à l'étranger :

Pour arriver au seuil de l'excitation d'un nerf ou d'un muscle, il faut et il suffit que la décharge dans la période latente satisfasse à la formule

$$Q = a + bt,$$

Q étant la quantité d'électricité mise en jeu par la décharge;
t la durée de cette décharge;
a et b dépendant de la nature du muscle et des conditions de l'expérience.

La voie ouverte par M. Weiss a été des plus fécondes.

L'ensemble de ses recherches, de ses publications, de son enseignement s'étendant sans discontinuité sur une période de plus de 40 années, ont décidé votre Commission à attribuer à M. **Weiss** le prix La Caze pour l'année 1926.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Henneguy, Mangin, Richet, Quénu, Widal; Roux, Gabriel Bertrand, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 1000fr à M. **Stefan Mutermilch**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur les hémolysines normales et artificielles;

Un prix de 1000fr à M. **Albert Berthelot**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses travaux de bactériologie et de médecine.

Rapport de M. E. Roux *sur les travaux de M.* **Stefan Mutermilch.**

M. **Mutermilch** présente un intéressant travail sur les hémolysines normales et sur les hémolysines artificielles qui l'a amené à une conception différente de la théorie classique d'Erlich sur la formation des anticorps. D'après ce savant les anticorps produits chez les animaux par l'immunisation active ou anticorps artificiels sont identiques aux anticorps circulant normalement dans le sang; l'immunisation n'aurait donc pour effet que l'augmentation des anticorps normaux.

Par d'ingénieuses expériences d'absorption croisées des deux espèces d'anticorps, M. Mutermilch montre que les anticorps artificiels nouvellement formés chez les animaux vaccinés circulent indépendamment des anticorps normaux. Aux hémolysines normales ainsi qu'aux hémolysines artificielles correspondent dans les hématies des groupes spéciaux ou « récepteurs » capables de fixer ces anticorps.

Les expériences de l'auteur lui ont aussi montré que les hétéro-hémolysines de Forsman, obtenues par injection aux lapins des extraits de certains organes de cobayes, et qui ont un pouvoir hémolytique considérable vis-à-vis des hématies de mouton doivent être assimilées aux anticorps normaux dont elles partagent toutes les propriétés.

Le mémoire de M. **Mutermilch** contient encore une étude sérologique du sang de mouton concernant l'existence des groupes sanguins, leurs rapports avec les groupes sanguins humains, leurs affinités spéciales pour les hémolysines de diverses provenances. L'auteur y aborde aussi le problème de l'hérédité des diverses propriétés des globules rouges.

Rapport de M. Gabriel Bertrand *sur les travaux de M.* **Albert Berthelot.**

M. **Albert Berthelot** est arrivé à établir que, parmi les substances produites par l'action des microbes sur les glucides, l'acide pyruvique est une de celles qui favorisent le plus l'anaérobiose. En additionnant de pyruvates alcalins les milieux usuels, il est même parvenu à cultiver couramment en vases ouverts les bactéries le plus strictement anaérobies.

En poursuivant ses recherches, il a reconnu que l'acide pyruvique, à la fois aliment carboné et agent réducteur, favorise aussi le développement des bactéries aérobies et des champignons inférieurs. Avec divers collaborateurs, il a réussi à démontrer que des bactéries peuvent produire de

l'acétylméthylcarbinol aux dépens de l'acide pyruvique, que ce dernier existe dans le contenu intestinal de certains sujets, qu'il se forme dans les cultures de divers *Mucor*. Sous forme de sel de sodium cet acide cétonique influence très favorablement la production de toxine par des bactéries anaérobies pathogènes (*B. tetani, B. œdematicus*) et active notablement la phosphorescence des bactéries lumineuses. Au point de vue théorique, ces travaux nous apportent des connaissances nouvelles sur l'anaérobiose et sur le rôle biologique de l'acide pyruvique; au point de vue pratique ils facilitent l'étude et l'isolement des bactéries anaérobies; ils se rattachent d'ailleurs aux recherches antérieures du même auteur sur les propriétés biochimiques des bactéries acidaminolytiques de l'intestin et des plaies de guerre.

De plus, M. Albert Berthelot s'est appliqué depuis quelques années à vulgariser l'emploi de la méthode électrométrique pour la mesure de la concentration en ions hydrogène. Dès 1920, l'un des premiers en France, il a montré, par des essais industriels pratiqués sur une grande échelle, quels avantages incontestables présentent, dans certains cas, l'ajustage et le contrôle électrométriques de la réaction des milieux. Un potentiomètre à cadran, construit d'après ses indications, est actuellement utilisé par de nombreux expérimentateurs. Il est incontestable que cet instrument fort simple, mais cependant d'une précision suffisante pour les déterminations courantes, a contribué à la diffusion, dans nos industries biochimiques et nos laboratoires biologiques ou agronomiques, d'une des plus précieuses techniques physico-chimiques.

La Commission propose d'attribuer à M. **Albert Berthelot** un prix Pourat de mille francs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Richet, Quénu; Widal, rapporteur.)

La Commission propose de partager le prix entre :

M. **Henry Chabanier**, chef de laboratoire à la Faculté de médecine, pour son ouvrage intitulé : *Du rôle du rein dans le diabète*.

MM. **Maurice Chiray**, professeur agrégé à la Faculté de médecine et

Yon Pavel, assistant à la Faculté de médecine de Bucarest, pour leur ouvrage intitulé : *La contractilité de la vésicule biliaire*.

M. **Chabanier** a étudié chez les diabétiques le seuil de la sécrétion du glucose, seuil qui, n'ayant pas la même souplesse que chez le sujet normal, suit moins fidèlement les inflexions de la glycémie. Ce phénomène est très accentué chez les diabétiques maigres. Pour M. Chabanier, la pathogénie d'un diabète maigre n'aurait pas pour base, comme on le pense en général, un trouble autonome du métabolisme. C'est l'absence de souplesse du seuil qui jouerait le rôle essentiel et qui suffirait à expliquer toute la genèse du syndrome. La déperdition considérable de sucre qui détermine le manque de souplesse du seuil entraînerait une autophagie se traduisant par une perte de tissu musculaire et adipeux. Votre Commission vous propose de partager le prix Martin-Damourette entre MM. Chiray, Pavel et Chabanier, et d'accorder 700fr à M. Chabanier sur les arrérages de ce prix.

MM. **Chiray** et **Pavel** ont rapporté, dans trois mémoires successifs, une série d'importantes recherches expérimentales sur la physiologie et la pathogénie de la vésicule biliaire. Ils ont étudié le caractère des contractions de la vésicule biliaire et l'effet produit sur elles par les hautes températures, par la pilocarpine et par l'atropine. Ils ont établi, d'autre part, que la diarrhée prandiale, la colique hépatique, l'atonie vésiculaire dont ils ont montré l'intérêt et l'importance en clinique constituent surtout des manifestations pathologiques de la contraction vésiculaire ; la contraction spasmodique durable de la colique hépatique se produirait sous l'influence du parasympathique. Enfin, d'après les recherches de ces auteurs, le taux de concentration entre la bile hépatique et la bile vésiculaire varierait de 1 à 4. Pour la vésicule, la fonction de réservoir contractile serait primordiale ; la fonction contractile viendrait en seconde ligne. On voit l'intérêt à la fois expérimental et clinique que présentent les travaux de MM. **Chiray** et **Pavel**. Votre Commission vous propose de leur donner 700fr sur les arrérages du prix Martin-Damourette.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Quénu, Widal; Richet, Desgrez, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 900fr à M. **Henri Simonnet**, docteur ès sciences naturelles, pour son ouvrage intitulé : *Le facteur lipo-soluble A. La croissance et la reproduction.*

Une mention honorable à M. **Émile Wagner**, vétérinaire-major de 2e classe pour son ouvrage intitulé : *Le système nerveux de l'adrénalino-sécrétion.*

Rapport de M. Desgrez *sur l'ouvrage de M.* **Henri Simonnet**, *intitulé :* Le facteur lipo-soluble A. La croissance et la reproduction.

M. **Simonnet** présente d'abord une étude bien documentée de la question posée par le titre de son travail. Il rapporte ensuite un grand nombre d'expériences personnelles intéressantes en ce qu'elles précisent les modalités des effets de la carence en facteur lipo-soluble, chez les animaux en voie de croissance, et établissent comment ces effets sont influencés par les circonstances dépendant de l'animal ou par celles dans lesquelles il est placé. L'auteur a mis de plus en évidence les considérations d'ordre expérimental ou pathologique qui peuvent servir les intérêts de l'hygiène alimentaire ou éclairer certains aspects de la réversibilité des effets de la carence et des troubles qu'elle peut occasionner dans les fonctions de reproduction. L'importance du travail de M. **Simonnet** a déterminé la Commission à le proposer pour le prix Philipeaux.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Richet, Quénu, Widal; Desgrez, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder le prix à MM. **Louis Delherm** et **Albert Laquerrière**, électroradiologistes des Hôpitaux de Paris.

Ces deux auteurs ont publié, depuis 1900, un grand nombre de recherches sur les effets biologiques des différentes radiations : rayons X, lumière visible, infra-rouges, ultra-violets. Nous ne mentionnerons que celles qui présentèrent, pour l'époque où elles parurent, le caractère le plus marqué d'originalité. Elles portèrent d'ailleurs, pour la plupart, sur des sujets qui sont depuis devenus classiques.

Ce sont, en 1904, quelques communications sur la radiothérapie du cancer et sur le premier cas d'affection médullaire (syringomyélie) traité par les rayons, résultat qu'ils devaient, en 1907, étendre à nombre de névralgies. En 1905, ils publient une belle étude de l'influence des rayons X sur l'ovaire, puis sur le traitement du fibrome utérin par ces mêmes rayons. C'est en 1906 qu'ils firent connaître un cas fort intéressant d'azoospermie transitoire présenté par un radiologiste, observation reproduite dans tous les ouvrages concernant les effets des rayons X.

Les recherches effectuées par ces deux auteurs sur les courants de d'Arsonval ne présentent pas un moindre intérêt. Leur étude a porté sur ces courants considérés, en particulier sous forme de cage sans contact, c'est-à-dire à distance, dans le traitement de divers états pathologiques. Les effets sur la diurèse et sur la claudication intermittente sont tout à fait remarquables. En ce qui regarde les effets de la haute fréquence, MM. Delherm et Laquerrière ont réussi à les réaliser vis-à-vis de l'hypertension, soit avec le lit, soit avec la cage sans contact. Il y a augmentation d'amplitude du pouls capillaire et vaso-dilatation qui ne peut être rapportée, dans les applications à distance, à la calorification. Tout récemment, ces mêmes auteurs ont montré qu'en dehors de toute action de défense contre la chaleur, les courants de haute fréquence agissent par eux-mêmes sur la circulation capillaire.

Si l'on ajoute que MM. **Delherm** et **Laquerrière** ont, en outre, publié, depuis 1910, un certain nombre de faits intéressants relatifs au bain local ou général de lumière électrique, aux effets physiologiques ou thérapeutiques des rayons ultra-violets ou infra-rouges, on se trouve en présence d'un ensemble d'acquisitions scientifiques, intéressant les actions à distance des courants ou des radiations, qui justifie la récompense proposée par la Commission.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Lecornu, Lecomte, Borel, d'Ocagne; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Le Prix à l'**Institut de statistique de l'Université de Paris**, pour sa contribution aux progrès des applications des mathématiques à la statistique, aux finances et à l'économie politique.

Une mention honorable de 500fr à M. **Ernest Blin**, directeur d'agence du service des enfants assistés de la Seine, pour ses *recherches sur le développement physique des enfants assistés*.

Une mention honorable de 500fr à M. **Albert Ranc**, ingénieur-chimiste conseil, pour son ouvrage intitulé : *Le budget du personnel des recherches scientifiques en France*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Bouvier, Bigourdan, de Launay, Berthelot; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henry de Varigny**, docteur ès sciences, pour son ouvrage intitulé : *La mort et la biologie*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCE.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Appell, A. Lacroix, Barrois, Lallemand, Janet; Moureu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Legendre**, directeur de laboratoire à l'École pratique des hautes études, pour son ouvrage intitulé : *La concentration en ions hydrogène de l'eau de mer. Le* pH : *méthodes de mesure; importance océanographique, géologique, biologique.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Appell, Guignard, Barrois, Lallemand; A. Lacroix, rapporteur.)

La médaille est décernée à :

M. **Ernest Portier**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres ;
M. **André Job**, lauréat du prix La Caze.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat ; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Eugène Bertrand de Fontviolant**, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, pour ses travaux sur la résistance des matériaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN (sciences physiques).

(Commissaires : MM. Guignard, Bouvier, Schlœsing, A. Lacroix, Douvillé, Joubin ; Roux, rapporteur.)

Les travaux de Landsteiner et Popper, de Flexner et Lewis, de Levaditi et de Netter, ont établi que la paralysie infantile (ou maladie de Heine-Medin) est causée par un virus qui atteint les cellules motrices des cornes antérieures de la moelle et les ganglions rachidiens, que le virus est inoculable aux singes inférieurs et que les singes qui survivent sont devenus réfractaires, que le sérum des convalescents de paralysie infantile mis en contact avec le virus rend celui-ci inoffensif, que ce sérum peut être employé avec succès au traitement de la poliomyélite. M. le Dr **Auguste Pettit** s'appuyant sur les constatations a préparé un sérum antipoliomyélitique qui est entré dans la pratique médicale. Le virus qu'il injecte aux chevaux est une émulsion de moelle épinière de singes ayant succombé à la poliomyélite expérimentale. Après un certain nombre d'injections, les chevaux fournissent un sérum capable d'arrêter l'évolution de la poliomyélite chez les sujets qui le reçoivent assez tôt. Le sérum est injecté dans la cavité rachidienne et dans les muscles sacro-lombaires. Un grand nombre d'observations recueillies dans ces dernières années ont démontré

l'efficacité de ce sérum dans le traitement de la paralysie infantile. La Commission propose d'attribuer le prix Bordin à M. **Auguste Pettit**, secrétaire général honoraire de la Société de biologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil; Henneguy, rapporteur.)

Mme le Dr **Yvonne Sorrel-Dejerine**, ancien interne des hôpitaux de Paris, dans son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude des paraplégies pottiques*, se basant sur des faits cliniques et anatomiques, distingue plusieurs formes cliniques de paraplégie : une forme transitoire guérissant en quelques semaines sans séquelles, une forme curable en 18 mois ou 2 ans, et une forme à évolution chronique. Les paraplégies transitoires sont dues à un simple œdème ou à des abcès intra-rachidiens; elles sont précoces et rapides dans leur évolution. Les paraplégies à évolution chronique, tardives et lentes dans leur installation, sont dues habituellement à des lésions de pachyméningite, à des séquestres osseux et à des altérations vasculaires.

Pour chacune des formes de ces paraplégies, l'auteur décrit avec soin les lésions pathologiques et la symptomatologie, s'appuyant sur les dernières données de la sémiologie nerveuse. Puis il s'attache à rechercher les éléments de diagnostic des paraplégies pottiques. Relativement au traitement de ces affections, Mme Sorrel-Dejerine insiste sur la nécessité d'une immobilisation rigoureuse de tout pottique en évolution ; un traitement chirurgical n'est indiqué dans aucun cas : les paraplégies par œdème et par abcès intra-rachidiens guérissent généralement sous l'influence de l'immobilité et de la cure hélio-marine, les paraplégies par pachyméningite étant incurables.

Le travail de Mme **Sorrel-Dejerine**, œuvre entièrement personnelle, apporte une contribution importante à la connaissance d'une affection qui s'observe aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant, dont les formes cliniques et l'évolution n'avaient pas été étudiées jusqu'ici.

La Commission propose de lui attribuer le prix Lallemand, et d'accorder une *mention très honorable* à M. **Pierre Hillemand**, ancien interne des hôpitaux de Paris, pour son travail ayant pour titre : *Contribution à l'étude des syndromes de la région thalamique*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX SERRES.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Bouvier, Henneguy, Marchal, Richet, Joubin, Gravier; F. Mesnil, rapporteur.)

Votre Commission a retenu cette année l'œuvre embryologique de M. **Charles Pérez**, professeur de zoologie à la Faculté des sciences de Paris. Les résultats principaux de M. Pérez ont été obtenus en étudiant les métamorphoses des Insectes et ont été consignés dans trois importants mémoires : sur les Fourmis (Thèse de Doctorat ès sciences naturelles), les Mouches (Mémoire publié avec subvention du fonds Bonaparte), les Guêpes (Mémoire couronné par l'Académie Royale de Belgique).

M. Pérez a précisé le mode de résorption des tissus larvaires et montré la généralité du processus phagocytaire dans la métamorphose en l'étendant à des Insectes (Hyménoptères) et à des tissus (corps gras, tubes de Malpighi, etc.) pour lesquels son intervention avait été contestée. La phagocytose leucocytaire est le mécanisme général par lequel disparaissent toutes les parties très spécialisées, exclusivement propres à la larve.

Pour ce qui regarde l'édification des tissus imaginaux, tout ce qui est exclusivement propre à l'imago s'édifie aux dépens d'histoblastes déjà présents dans la larve; les anciens phagocytes ne font qu'apporter des éléments nutritifs dissous aux tissus en prolifération; jamais, comme on l'avait prétendu, ils ne participent eux-mêmes à l'édification de ces tissus; il y a d'ailleurs contraste de taille et de structure entre les cellules larvaires et imaginales.

Mais les résultats les plus originaux de M. Pérez consistent, à notre avis, dans la mise en évidence d'une troisième catégorie de processus : remaniements cellulaires par lesquels un tissu survit à sa métamorphose en passant du type larvaire au type imaginal par *dédifférenciation* suivie d'une différenciation nouvelle. Il apparaît, dans ces phénomènes, qu'une cellule n'a pas une différenciation histologique définitive et irréversible, mais au contraire qu'après avoir présenté une première différenciation, correspondant à son rôle dans la coordination physiologique larvaire, elle peut subsister d'une manière banale sous forme de cellule isolée, pendant la perte de coordination que représente la phase nymphale; puis repartir vers une spécialisation différente, prendre place dans la coordination imaginale et réacquérir une différenciation histologique nouvelle, signe de sa solidarité retrouvée.

Les exemples les plus remarquables sont fournis par les remaniements variés des muscles; ils mettent en évidence plusieurs processus de division nucléaire multiple dont on n'avait aucune connaissance chez les Métazoaires.

Ces phénomènes de remaniements histologiques avec dédifférenciation avaient totalement échappé aux prédécesseurs de M. Pérez. Ce sont ces processus qui, mal interprétés, avaient conduit à l'idée de dégénérescences humorales où la phagocytose ne jouait aucun rôle. Ce sont eux qui interviennent surtout dans les métamorphoses peu accusées. La phagocytose intervient dans les cas où un organe larvaire est trop spécialisé pour se dédifférencier et passer à l'organisme imaginal.

On doit encore à M. **Pérez**, dans l'ordre embryologique, des travaux sur l'évolution des produits sexuels chez une Hirudinée, le Branchellion, chez les Fourmis, chez les Tubulaires, — sur les résorptions phagocytaires des ovules et des spermatozoïdes chez les Tritons, — sur le développement des Méduses acalèphes, — sur le cycle évolutif de quelques Microsporidies.

Tout cet ensemble de travaux, dans lesquels les qualités de forme, l'illustration, concourent à mettre en relief les résultats obtenus, a paru à votre Commission digne du prix Serres.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VAILLANT.

(Commissaires: MM. Guignard, Bouvier, Le Chatelier, Termier, Moureu, Joubin; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Lucie Randoin**, directeur du Laboratoire de physiologie de la station centrale de recherches sur l'alimentation (Institut des recherches agronomiques), pour ses recherches relatives à des questions de physiologie de la nutrition, en particulier aux vitamines.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN REYNAUD.

(Commissaires : MM. Émile Picard, d'Arsonval, Roux, Lindet, Breton, Molliard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Alfred Giard**, en souvenir de l'œuvre biologique de feu **Alfred Giard**, membre de l'Académie des sciences.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE JOËST.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Vieille, Borel, Lecornu; d'Ocagne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Alain Quemper de Lanascol** pour ses travaux sur la géométrie du compas.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Deslandres, Bigourdan, Lecornu, Brillouin; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Rey**, ingénieur civil des mines, pour ses travaux sur les propriétés physiques des vapeurs de pétrole et les lois de leur écoulement.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Termier, Marchal; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix Saintour à M. **Pierre Fauvel**, professeur à la Faculté catholique des sciences d'Angers, pour l'ensemble de ses travaux sur les Annélides polychètes.

Depuis 1895, date de ses premières notes qui devaient le conduire à la Thèse de doctorat ès sciences naturelles sur la famille des Amphariétiens (1897), M. **Fauvel** n'a cessé de publier des travaux concernant les Annélides. Il s'est ainsi acquis une réputation très méritée. Elle lui a valu que d'importantes collections, entre autres celles recueillies dans les diverses mers du globe par les nombreuses expéditions de notre regretté confrère S. A. le prince de Monaco, lui ont été confiées pour étude, et qu'il s'est trouvé particulièrement désigné pour assurer, dans la *Faune de France*, la publication des deux volumes consacrés aux Annélides polychètes. L'un d'eux, qui traite des Annélides à vie errante, a déjà paru; l'autre est en bonne voie d'exécution. Les zoologistes rendent hommage à la conscience avec laquelle ces livres sont préparés et exécutés, et sont unanimes à reconnaître les services que le premier volume rend pour les déterminations d'espèces.

C'est cette œuvre ininterrompue de trente années que votre Commission propose de récompenser.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JULES MAHYER.

(Commissaires : MM. Appell, Deslandres, Lecornu, Kœnigs, Goursat, Lebesgue; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis de Broglie**, docteur ès sciences, pour ses études sur la théorie des Quanta.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, A. Lacroix, Mangin, Ricnet, Leclainche; Gabriel Bertrand, rapporteur.)

Dans une série de travaux, dont les premiers ont été publiés avec Gorgolewski en 1910 et les derniers ont paru tout récemment, M. **Charles Dhéré**, professeur à l'Université de Fribourg, s'est occupé de la préparation des matières protéiques, débarrassées aussi complètement que possible de

substances minérales ou, d'une façon plus générale, de toute « impureté ionogénique ». L'auteur, examinant avec des méthodes très sensibles (conductibilité électrique, action protectrice sur l'hydrosol d'or) la marche de la purification, a reconnu que le but ne peut être parfaitement atteint qu'au moyen de la dialyse dans un champ électrique (opération encore appelée *dialyse électrique* ou *électrodialyse*). Mais, pour que cette dialyse conduise à des résultats irréprochables, quand on l'applique à des substances aussi altérables que les matières protéiques, il est indispensable d'opérer avec certaines précautions sur lesquelles M. Dhéré a eu précisément le mérite d'attirer tout spécialement l'attention. Les matières protéiques entièrement purifiées possèdent des propriétés physico-chimiques remarquables, dont l'exacte connaissance est importante au point de vue théorique. Pour s'en convaincre, il suffit de rapprocher, comme vient de le faire M. Dhéré, quelques propriétés fondamentales des matières protéiques électrodialysées à fond (protéines libres) de celles que possèdent les mêmes matières incomplètement purifiées, — comme celles étudiées par J. Lœb, par exemple.

Enfin, la dialyse électrique, correctement exécutée, étant un procédé de purification incomparable, devait nécessairement trouver de nombreuses applications en biochimie. En fait, on constate que, depuis les travaux de M. Dhéré (1910-1911), ce procédé est entré dans la technique de la Chimie physiologique, non seulement pour la purification des matières protéiques (Pauli et ses élèves, Ringer, Ettisch et bien d'autres auteurs), mais encore pour celle des *glucides* (Samec, Willstatter, Karrer, Hoffman et Gortner, R. Kuhn), pour celle des *diastases* (Lisbonne et Vulquin, Fricke, Willstätter), pour celle des *anticorps* (Ruppel, Wernicke, Adolf, Locke et Hirsch), pour celle des *hormones* (Locke et Hirsch, Taylor et ses collaborateurs). Ces dernières applications montrent que, dans le domaine médical, l'emploi de l'électrodialyse comme méthode de purification a déjà rendu des services appréciables et l'on est en droit de penser qu'elle en rendra de plus grands encore.

En récompense de ces travaux, la Commission a proposé d'attribuer à M. **Charles Dhéré** le prix Lonchampt pour l'année 1926.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Émile Picard, Guignard, Bigourdan, Kœnigs, Borel; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer un prix de 2000^{fr} à M. **Armand Renier** et un autre de même valeur à M. **Bruneau de Laborie**.

M. **Armand Renier**, inspecteur général des mines, directeur du Service géologique de Belgique, est professeur à l'Université de Liége. Il s'est spécialisé dans l'étude des formations houillères de son pays. Il a publié sur ce sujet d'importants travaux de géologue et d'ingénieur et de remarquables observations sur la flore houillère considérée au double point de vue botanique et paléontologique.

M. **Bruneau de Laborie** est un intrépide explorateur africain; ses expéditions qu'il a réalisées seul et avec des moyens matériels très réduits lui ont valu déjà de hautes distinctions telle que la grande médaille d'or des Sociétés de géographie de Paris et d'Anvers. Son dernier voyage qui a été particulièrement remarqué, l'a conduit du Cameroun au Caire par le Tchad et le désert de Libye. Son itinéraire dans la dernière partie de son voyage lui a permis de combler un blanc sur la carte d'Afrique. Il s'est constamment préoccupé de relever des observations géographiques, géologiques et zoologiques, dans des conditions souvent fort difficiles.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX CAMÉRÉ.

(Commissaires : MM. Vieille, Le Chatelier, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager; d'Ocagne, rapporteur.)

M. **René Feret**, ancien élève de l'École polytechnique, chef du laboratoire des ponts et chaussées à Boulogne-sur-mer, a apporté depuis plus de trente ans une importante contribution à l'étude des qualités des ciments en général, d'où sont sortis de notables progrès dans l'art de construire à l'aide de ces matériaux. Son œuvre capitale consiste dans la recherche des

meilleures conditions d'emploi de ces ciments dans des mortiers ou dans des bétons, suivant d'ailleurs que l'on se propose d'obtenir soit la plus grande compacité possible (qualité dont dépendent la résistance aux infiltrations et la conservation à la mer), soit les plus grandes résistances à la compression ou à la traction. Il a montré toute l'importance qu'offrent la composition granulométrique des sables dans les mortiers, et l'ensemble des matériaux inertes dans les bétons. Il a édifié toute une théorie de la granulométrie, où il a fait le plus heureux usage d'un ingénieux mode de représentation graphique, et qui est appelée à rendre les plus grands services aux constructeurs.

La technique des mortiers et bétons sur les grands chantiers se règle de plus en plus sur les résultats de ses recherches théoriques, étayées du reste par une abondante expérimentation qu'il a poursuivie suivant les méthodes les plus rigoureuses, inspirées du meilleur esprit scientifique.

Plusieurs des principes qu'il a établis, notamment quant à la granulométrie, la représentation graphique des mélanges grenus et les volumes élémentaires, ont servi, depuis lors, de base aux recherches d'autres expérimentateurs, principalement aux États-Unis, et sont maintenant d'une application courante.

Tout ce bel ensemble de travaux a incontestablement entraîné un progrès dans l'art de construire. Nous proposons en conséquence que le prix Caméré soit décerné à M. **Feret**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION JÉROME PONTI.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Bigourdan, Villard, Lecornu, Kœnigs; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Fréchet**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur la théorie des ensembles et le calcul fonctionnel.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Appell, Guignard, Barrois, Lallemand; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Chevey**, préparateur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux de zoologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Appell, Guignard, Lallemand, Barrois; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Adolphe Richard**, ancien préparateur à l'École nationale supérieure des mines.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Barrois, Mangin, Lallemand, Haug, Fournier, Joubin, Brillouin, Bertrand, Fichot; A. Lacroix, rapporteur.)

Notre regretté confrère, S. A. S. le Prince de Monaco, désirant laisser à l'Académie une preuve durable de sa confiance et aussi de son amour pour la science, lui a légué le capital nécessaire à l'institution d'un prix biennal de cent mille francs, destiné à récompenser « un travail dont l'Académie désignera elle-même la nature ».

Ce prix doit être décerné cette année pour la première fois. Soucieuse de donner un témoignage de sa haute estime pour l'œuvre scientifique de son généreux donateur, l'Académie a été unanime à décider que la première discipline à laquelle serait attribué le prix Albert Ier de Monaco serait l'*Océanographie*. Le Prince en effet a consacré toute son activité, si féconde, à l'étude de la mer et de toutes les questions de physique du globe et de biologie qui s'y rattachent. Grâce à lui, des palais ont été élevés, des laboratoires consacrés à l'Océanographie. Plus que tout autre, il a contribué à la

rendre populaire et il a donné à cette science une puissante impulsion, qui, depuis quelque vingt ans, lui a fait faire d'énormes progrès dans tous les pays du monde.

En plein accord avec les exécuteurs testamentaires du Prince, l'Académie, dans sa séance du 7 janvier 1924, a voté un règlement d'après lequel le prix Albert Ier de Monaco doit être attribué soit à une œuvre scientifique déjà acquise, soit à une entreprise scientifique à réaliser, étant entendu que dans ce dernier cas, comme dans le premier, le bénéficiaire doit être un savant notoire, digne d'être honoré pour son œuvre antérieure.

La Commission nommée par l'Académie pour lui faire des propositions sur l'attribution de ce prix a décidé à l'unanimité de faire jouer la seconde alternative du règlement et, à l'unanimité encore, elle vous propose de décerner le prix au Commandant **Jean Charcot** pour lui permettre de compléter l'outillage de son navire le *Pourquoi pas?* en vue de nouvelles croisières océanographiques dont l'une devra être entreprise ce printemps même.

Le Commandant Charcot remplit bien toutes les conditions requises; grâce à sa compétence, à son enthousiasme réalisateur, à son activité, la France, après une longue éclipse, fait aujourd'hui bonne figure parmi les nations qui se sont livrées à des explorations scientifiques dans l'Antarctique.

A peine est-il besoin de rappeler à l'Académie, qui les a patronnées, ce que furent les longues et périlleuses expéditions du *Français*, de 1903 à 1905, puis du *Pourquoi pas?* de 1908 à 1910. Maigrement pourvues en matériel, en personnel et en argent, ces expéditions ne pouvaient prétendre aux grandes conquêtes envisagées par les expéditions richement dotées des Amudsen, des Scott et des Shakleton. Leur but était plus modeste, mais elles n'en ont pas moins été extrêmement fructueuses, au point de vue scientifique, et, fait digne de remarque, leurs résultats ont été immédiatement mis au jour par le Commandant Charcot lui-même, par ses compagnons de voyage et par de nombreux collaborateurs français ou étrangers, groupés autour de notre confrère, M. Joubin.

Les nombreux volumes ou fascicules publiés concernent la géographie, les divers points de vue de la physique du globe, de la zoologie, de la botanique; mieux qu'un long discours, ils sont là pour montrer ce que furent les deux expéditions antarctiques françaises.

Depuis lors, après une interruption due à la guerre, au cours de laquelle le Commandant Charcot a fait, sur mer, plus que son devoir, l'explorateur ne s'est pas endormi sur les lauriers que ne lui ont pas ménagés non seule-

ment ses compatriotes, mais aussi les Sociétés géographiques de nombreux pays au delà de nos frontières. Son navire, transformé en laboratoire océanographique, a été employé chaque année à une croisière subventionnée par le Ministère de la Marine et par celui de l'Instruction publique, croisières qui ont été effectuées dans la Méditerranée, dans la Manche, dans l'Atlantique et surtout dans les hautes latitudes arctiques (Islande, Jean Mayen, Grœnland).

Des résultats intéressants, et souvent importants, ont été obtenus; les laboratoires de biologie du Muséum et d'autres établissements en savent quelque chose. Au point de vue géologique, la constitution du fond de la Manche a été éclairée d'un jour nouveau; l'énigme irritante de la constitution lithologique du rocher, presque inaccessible, de Rockall a été résolue, des découvertes paléontologiques faites au Grœnland; des recherches de magnétisme terrestre ont été effectuées sur les laves de Jean Mayen, etc.

Mais dans ce nouveau rôle, comme dans le précédent, le désir de bien faire et l'entrain pour la recherche ont été plus grands que les ressources financières; le matériel navigant et scientifique du navire s'use, il est nécessaire de le réparer, de le renouveler, de le compléter, en le mettant en harmonie avec les progrès imaginés ou réalisés ailleurs. De plus, de nouveaux problèmes se posent à l'attention des savants embarqués à bord du *Pourquoi pas?* telle par exemple la détermination de l'intensité de la pesanteur en mer et bien d'autres encore, sur quoi la Commission se propose de donner des éclaircissements à l'intéressé.

C'est à cette amélioration du matériel de son navire que la Commission propose de consacrer le prix Albert Ier de Monaco.

Cette haute distinction sera à la fois pour le Commandant **Jean Charcot** une récompense pour ses longs et brillants efforts passés, et un encouragement à persévérer dans une voie fructueuse pour la science et le bon renom de notre pays.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Appell, Guignard, Lallemand, Barrois; A. Lacroix, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation sont partagées entre Mmes **Cusco** et **Rück.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Georges Parisot**, né à Mâcon, le 17 avril 1904, sorti avec le n° 1, en 1926, de l'École Polytechnique.

Les ressources de la fondation ne permettant plus de donner au lauréat un exemplaire des œuvres de Laplace, une médaille portant l'inscription de son nom et de l'attribution du prix lui sera remise.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis, en 1926, avec le n° 1 ou 2 de l'École Polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Georges Parisot**, sorti premier dans le corps des mines, reçoit 750fr;

M. **Jacques Hémar**, sorti premier dans le corps des ponts et chaussées, reçoit 750fr;

M. **Louis Armand**, sorti second dans le corps des mines, reçoit 500fr;

M. **Louis Dherse**, sorti second dans le corps des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Appell, Guignard, A. Lacroix, Barrois, Lallemand; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Edmond Marcotte**, chef de la Section des essais physiques et mécaniques des laboratoires de l'Ecole nationale des ponts et chaussées, pour ses ouvrages sur les moteurs à explosion et à combustion.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Lallemand, Barrois, A. Lacroix, Appell, Guignard; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **René Baire**, correspondant de l'Académie des sciences, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Dijon, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. Appell, Guignard, A. Lacroix, Barrois, Lallemand ; Émile Picard, rapporteur.)

M. **Joseph Thoret**, lieutenant-aviateur, attaché au Service technique de l'aviation, étudie depuis plusieurs années les courants atmosphériques. Il les a utilisés en effectuant, au péril de sa vie, de remarquables vols planés dans les montagnes. Il a, d'autre part, au laboratoire Eiffel, réussi à cinématographier, par un procédé de son invention, les filets d'un courant d'air heurtant les obstacles de formes variées, et démontré ainsi l'exactitude de ses conceptions. Ses travaux peuvent contribuer aux progrès de la mécanique des fluides et amener, dans la pratique de l'aviation, des progrès importants. La Commission propose de lui attribuer le prix Hirn.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Appell, Guignard, A. Lacroix, Barrois, Lallemand ; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Bruhat**, professeur à la Faculté des sciences de Lille, pour ses travaux d'optique et de chimie physique, et ses ouvrages sur l'électricité et la thermodynamique.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Lallemand, Émile Picard, Daniel Berthelot, Henry Le Chatelier, Paul Janet ; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 33 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les subventions suivantes. Il rappelle à nouveau aux intéressés que toute demande formulée par le personnel des Établissements désignés par le fondateur ou par le Président de l'Académie doit être appuyée par le Conseil de ces établissements. Toute demande qui n'aura pas été soumise à cette approbation préalable sera écartée à l'avenir.

I. — *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le fondateur.*

1° *Muséum national d'histoire naturelle.* — 15000fr.
2° *École nationale vétérinaire de Lyon.* — 7000fr.
3° *École nationale vétérinaire de Toulouse.* — 7000fr.

Ces trois subventions ont le même objet : permettre à ces établissements de compléter les périodiques étrangers qui, dans leur Bibliothèque, ont été interrompus pendant et depuis la guerre.

4° *Institut national agronomique.* — 3000fr à M. **Jean Guérillot**, préparateur, pour l'achat d'appareils destinés à effectuer des recherches sur l'action de la radioactivité en biologie végétale.

II. — *Subventions accordées à la demande d'établissements admis pour un an par M. le Président.*

Conservatoire national des arts et métiers. — 15000fr à M. **Léon Guillet**, professeur, membre de l'Académie, pour l'installation de la radio-spectrographie au laboratoire de métallurgie.

2500fr à M. **Emilio Damour**, professeur, pour contribution à l'achat d'appareils destinés à la création et au développement du laboratoire du verre.

III. — *Sur demandes indépendantes.*

4000fr à M. **Charles Alluaud**, comme contribution à une mission zoologique au Maroc.

6000fr à M. **Benjamin Baillaud**, membre de l'Académie, directeur de l'Observatoire de Paris, pour la construction et l'installation, au Service des signaux horaires de l'Observatoire, d'une pendule s'entretenant par rayon lumineux et cellule photo-électrique.

2500fr à M. **Jules Baillaud**, astronome à l'Observatoire de Paris, pour entreprendre des expériences en vue d'établir un étalon lumineux primaire.

3000fr à M. le Dr **Henry Chabanier**, chef de Laboratoire à l'hôpital

Necker, pour l'achat d'appareils destinés à ses travaux sur les néphrites et en particulier sur le mécanisme des œdèmes au cours des lésions des reins.

3000fr à M. **Henri Chaumat**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour la construction d'un wattmètre nouveau avec dispositif permettant de détermnier l'angle de phase d'un champ magnétique et du courant qui le produit.

9000fr au **Comité français de Géodésie et Géophysique** (6e section : « électricité atmosphérique et tellurique »), pour subvenir aux frais de la sixième campagne du nouveau réseau magnétique de France.

3000fr à M. **Hippolyte Janvier**, professeur à l'Institut San José, à Temuco (Chili), pour ses études biologiques sur les Hyménoptères chiliens.

2000fr à M. **Paul Nottin**, chef de travaux à l'Institut national agronomique, pour continuer ses recherches sur la saccharification de la fécule.

5000fr à M. **Jean Mascart**, directeur de l'Observatoire de Lyon, pour assurer les publications de documents concernant l'étude des étoiles variables, centralisés à l'Observatoire de Lyon.

2000fr à M. **Paul Pallary**, instituteur à Oran, pour ses recherches sur la faune marocaine et l'extension du régime glaciaire dans le Moyen-Atlas et le bassin supérieur de l'Oumer Rebia.

10000fr à M. l'abbé **Pierre Teilhard de Chardin**, professeur à l'Institut catholique, comme contribution à une nouvelle mission paléontologique en Chine.

9000fr à M. **Jean Thibaud**, docteur ès sciences, pour étendre ses recherches sur la structure de l'atome et les rayonnements des substances radioactives.

4000fr à M. **Henri Deslandres**, membre de l'Académie, directeur de l'Observatoire de Meudon, pour la publication par l'Observatoire de cartes synoptiques de l'atmosphère solaire supérieure et des détails caractéristiques de cette couche.

2000fr à M. **Joseph Guillaume**, ancien astronome adjoint à l'Observatoire de Lyon, pour l'aider à continuer, dans son observatoire privé, les observations qu'il a poursuivies pendant 33 ans à l'Observatoire de Lyon.

6000^{fr} au **Comité de patronage de la faune coloniale française**, pour mettre en train cette œuvre importante.

6000^{fr} à la **Faculté française de médecine de Beyrouth**, pour contribution aux frais d'édition de la *Flore de Syrie* du Père Bouloumoy.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 126000^{fr}. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le donateur :*	
Muséum national d'histoire naturelle :	
Bibliothèque	15000 fr.
École nationale vétérinaire de Lyon :	
Bibliothèque	7000
École nationale vétérinaire de Toulouse :	
Bibliothèque	7000
Institut national agronomique :	
M. Jean Guérillot	3000
2° *Subventions accordées à la demande d'établissements admis pour un an par M. le Président :*	
Conservatoire national des arts et métiers :	
M. Léon Guillet	15000
M. Emilio Damour	2500
3° *Subventions accordées sur demandes directes :*	
M. Charles Alluaud	4000
M. Benjamin Baillaud	6000
M. Jules Baillaud	2500
M. Henry Chabanier	3000
M. Henri Chaumat	3000
Comité français de géodésie et géophysique	9000
M. Hippolyte Janvier	3000
M. Paul Nottin	2000
M. Jean Mascart	5000
M. Paul Pallary	2000
M. l'Abbé Pierre Teilhard de Chardin	10000
M. Jean Thibaud	9000
M. Henri Deslandres	4000
M. Joseph Guillaume	2000
Comité de la Faune coloniale française	6000
Faculté française de médecine de Beyrouth	6000
Total	126000

FONDS BOUCHARD.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Henneguy, Mangin, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent; d'Arsonval, rapporteur.)

Le Dr **Maxime Ménard** poursuivait depuis plusieurs années dans son laboratoire de l'hôpital Cochin des recherches sur l'action thérapeutique de certains agents physiques; rayons X, courants de haute fréquence, radiations ultraviolettes, etc.

Atteint profondément surtout pendant la guerre, par les rayons X, il fut victime de l'anarchie cellulaire qu'ils déterminent dans nos tissus. Il ne se faisait aucune illusion, car, disait-il : « J'étudie et je pratique la radiographie depuis 30 ans. Mes tissus sont trop profondément ravagés depuis 12 années déjà pour que je puisse espérer arrêter les progrès du mal. » Comme notre confrère Bergonié, Maxime Ménard a stoïquement assuré son service de Cochin. Comme lui, il a tenu jusqu'au bout sans une plainte.

La Commission propose de lui attribuer l'annuité du fonds Bouchard.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LE CHATELIER.

(Commissaires : MM. Le Chatelier, Rateau, Charpy, Lumière, Laubeuf, Claude; Guillet, rapporteur.)

Une subvention de 8000fr est attribuée à MM. **Jean Cournot**, chef des travaux, et **Albert Roux**, préparateur du cours de métallurgie et travail des métaux au Conservatoire national des arts et métiers, pour leurs études des alliages au moyen des rayons X.

MM. Cournot et Roux se proposent de faire au Laboratoire de la chaire de métallurgie du Conservatoire national des arts et métiers, une étude métallographique par rayons X de certains phénomènes de trempe.

Cette installation est en cours de réalisation.

MM. Cournot et Roux examineront particulièrement les phénomènes qui accompagnent la trempe du cupro-aluminium et des alliages légers à base d'aluminium.

Cette étude serait étendue aux revenus. La mise au point du dispositif demandera deux à trois mois.

Les recherches proprement dites pourront commencer au début du mois de mars.

LECTURES.

M. **Bouvier**, membre de l'Académie, lit la Notice historique sur *Jean-Baptiste Boussingault*, écrite par M. Alfred Lacroix, secrétaire perpétuel, actuellement en mission en Extrême-Orient.

É. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1926

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

ASTRONOMIE.

GÉOGRAPHIE.

NAVIGATION.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

MÉTÉOROLOGIE ET PHYSIQUE DU GLOBE.

BOTANIQUE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

OUVRAGES DE SCIENCE.

MÉDAILLES.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 DECEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le professeur **da Costa Lobo**, directeur de l'Observatoire de Coïmbra (Portugal) et à M. le professeur **Rafaël de Buen**, directeur de l'Institut océanographique de Madrid, qui assistent à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations aux dérivées partielles.* Note de M. **E. Goursat**.

La transformation indiquée par M. Riquier dans sa Note récente [1] est une transformation de contact, très voisine de la transformation classique d'Ampère, à laquelle elle se ramène par une transformation ponctuelle.

Soient (x, y, z, p, q), (X, Y, Z, P, Q) les coordonnées de deux éléments de contact. La transformation définie par les formules

$$X = x, \qquad Y = q, \qquad Z = z - qy - \mu(q), \tag{1}$$

où $\mu(q)$ est une fonction quelconque de q, est une transformation de contact, car la relation

$$dZ = P\,dX + Q\,dY,$$

combinée avec les relations (1), donne

$$P = p, \qquad Q = -y - \mu'(q). \tag{2}$$

Il suffit de remplacer Z par $\lambda(x, q)$ pour retrouver les formules de

---

[1] *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1076.

M. Riquier. Inversement on peut résoudre les équations (1) et (2) par rapport à x, y, z, p, q,

(3) $x = X, \quad y = -Q - \mu'(Y), \quad z = Z - QY + \mu(Y) - Y\mu'(Y), \quad P = p, \quad Y = q.$

Les dérivées secondes R, S, T se déduisent de même des relations

$$dP = R\,dX + S\,dY, \qquad dQ = S\,dX + T\,dY;$$

on tire par exemple de la dernière

(4) $$S + s[T + \mu''(Y)] = 0.$$

Toute équation de la forme $s = f(x, y, z, p, q)$ se change donc, par la transformation considérée, en une équation de la forme

(5) $$T + \mu''(Y) + F(X, Y, Z, P, Q)S = 0,$$

et inversement; le résultat s'explique *a priori* puisque les équations différentielles des deux systèmes de caractéristiques de l'équation (5) admettent respectivement les deux combinaisons intégrables

$$dX = 0, \qquad d[Q + \mu'(Y)] = 0.$$

En particulier, si f ne renferme pas p, F ne renferme pas P, et inversement.

Les intégrales de l'équation du premier ordre $Q + \mu'(Y) = C$ donnent, par la transformation précédente, des intégrales au sens de S. Lie, formées d'une courbe et de l'ensemble de ses plans tangents.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques recherches expérimentales.* Note de M. **Maurice Hamy.**

Au cours de la préparation des opérations de détermination des longitudes mondiales, exécutées à la fin de 1926, le Bureau des longitudes avait désigné une Commission ayant pour mission d'examiner la question des erreurs propres aux instruments. Chargé de l'étude des lunettes méridiennes, j'ai mis en évidence, par des procédés interférentiels nouveaux, des défauts dans les micromètres qui ont confirmé des recherches déjà anciennes [1] et conduit à modifier l'entraînement des vis micrométriques, de façon à trans-

[1] *Comptes rendus*, **126**, 1898, p. 1772.

former en un couple, d'axe parallèle à celui de la vis, l'action exercée pour la mettre en mouvement. Mais l'étude la plus considérable, à laquelle je me suis livré, se rapporte à la mesure globale des erreurs provoquées par les irrégularités des tourillons et les flexions de la lunette, étude qui a pu être entreprise grâce à une subvention accordée sur la Fondation Debrousse.

La méthode employée consiste à pointer, avec la vis micrométrique de la lunette, l'image d'un petit trou éclairé, placé au foyer d'un collimateur fixe, d'axe optique sensiblement dans le prolongement de l'axe des tourillons, et dont les rayons, trois fois déviés de 90°, par un train de prismes à double réflexion, sont amenés dans la lunette. Les trois prismes sont montés sur un cadre dont le plan contient l'axe optique de la lunette et qui tourne autour d'un axe particulier, coïncidant à peu près avec l'axe des tourillons. Par suite de la propriété des prismes à double réflexion, de constituer des étalons d'angles, le faisceau émanant du collimateur qui les traverse parallèlement à leurs sections droites, est dévié d'un angle constant, quelle que soit l'orientation du système lunette-cadre et indépendamment des petits déplacements des prismes, dus aux déformations du cadre, dans ses différentes orientations. Des pointés obtenus, on déduit, par le calcul, les corrections à appliquer aux observations astronomiques, pour les affranchir des erreurs causées par les imperfections de l'instrument.

Les applications que j'ai faites de cette méthode m'ont amené à transformer du tout au tout la théorie compliquée donnée antérieurement (¹) qui ne correspondait pas aux nécessités expérimentales. Il y a, du reste, à tenir compte de l'emploi que l'on fait de la lunette. Je ne parlerai ici que du cas des observations croisées, où chaque passage d'étoile est observé partiellement tête de vis à l'Ouest, partiellement tête de vis à l'Est. On combine alors l'observation faite au temps t' de la pendule, avec le fil mobile dans la position V′ (tête de vis à l'Ouest) et l'observation faite au temps t'', avec le fil mobile dans la position V″ (tête de vis à l'Est). La formule de réduction, pour obtenir l'Æ, s'écrit

$$\text{Æ} = \frac{t'+t''}{2} + C_p + M + N\,\text{tang}\,\mathcal{D} + \left(\frac{V'-V''}{2} + \eta\right)\text{séc}\,\mathcal{D},$$

M et N étant des constantes instrumentales et η la correction déterminée plus loin. La différence $V'-V''$ est d'ailleurs supposée corrigée du temps perdu de la vis micrométrique, s'il existe.

(¹) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 429 et 484.

Quand η est connu, pour toutes les directions ϖ dans lesquelles on utilise la lunette, N s'obtient en combinant des observations d'étoiles polaires et équatoriales. M se calcule ensuite par la formule

$$-M\sin\lambda - N\cos\lambda + \frac{V'_N - V''_N}{2} + \eta_N = 0,$$

où λ désigne la colatitude, V'_N, V''_N les pointés sur le nadir, tête de vis à l'Ouest et tête de vis à l'Est, et η_N la correction η au nadir.

Détermination des η. — Dans ce qui suit, l' désigne les lectures faites sur l'image du trou éclairé, tête de vis à l'Ouest, et l'' les lectures, tête de vis à l'Est. Il y a lieu de considérer trois directions fixes ϖ_1, ϖ_2, ϖ_3, d'ailleurs arbitraires (horizon nord, horizon sud et nadir dans mes recherches), auxquelles correspondent les valeurs η_1, η_2, η_3 de η.

Posant

$$A = \sin(\varpi_3 - \varpi_2) + \sin(\varpi_1 - \varpi_3) + \sin(\varpi_2 - \varpi_1),$$

nous appellerons A_1 l'expression obtenue en remplaçant, dans le second membre, ϖ_1 par ϖ; A_2 l'expression obtenue en changeant ϖ_2 en ϖ; A_3 l'expression obtenue en changeant ϖ_3 en ϖ. On a la relation

$$\eta = \frac{A_1}{A}\left[\frac{l'_1 - l' + l'' - l''_1}{2} + \eta_1\right] + \frac{A_2}{A}\left[\frac{l'_2 - l' + l'' - l''_2}{2} + \eta_2\right] + \frac{A_3}{A}\left[\frac{l'_3 - l' + l'' - l''_3}{2} + \eta_3\right],$$

qui fournit η pour la direction ϖ, quand η_1, η_2, η_3 sont connus. Les équations fournissant ces paramètres s'obtiennent en écrivant qu'ils rendent minima la somme

$$\eta_1^2 + \eta_2^2 + \eta_3^2 + \Sigma\eta^2,$$

le signe Σ étant étendu à toutes les directions ϖ, autres que ϖ_1, ϖ_2, ϖ_3, pour lesquelles les l' et l'' ont été mesurées; d'ailleurs η doit être remplacé par l'expression ci-dessus sous le signe Σ.

L'application de cette méthode, après de nombreuses observations faites sur un instrument du type adopté pour les opérations de longitudes, a mis en évidence des corrections que l'on ne peut négliger dans les déterminations de précision. Elle m'a amené à combiner un oculaire spécial permettant de s'affranchir des erreurs de pointés pouvant se produire, quand l'observateur se retourne en passant du sud au nord de l'instrument.

La théorie montre que le collimateur d'où émanent les rayons renvoyés

dans la lunette, n'a nullement besoin de conserver une invariabilité totale au cours des mesures. Il suffit qu'il reste stable pendant le temps voulu pour exécuter les pointés dans les trois directions $\mathcal{D}_1$, $\mathcal{D}_2$, $\mathcal{D}_3$ et chacune des directions $\mathcal{D}$. Il n'est pas nécessaire que les mesures faites, dans les mêmes directions, tête de vis à l'Ouest et tête de vis à l'Est, correspondent au même état du collimateur. Ces conditions sont facilement réalisables.

GÉOLOGIE. — *Sur le rôle possible des transmutations en géologie.* Note de M. L. DE LAUNAY.

J'ai énoncé autrefois (¹) une loi métallogénique, d'après laquelle les éléments chimiques semblent s'être classés dans la Terre encore fluide, de telle sorte que leurs poids atomiques aillent en croissant de la périphérie au centre depuis l'hydrogène (1) jusqu'à l'uranium (238) (²). En fait nous trouvons dans la partie superficielle de l'écorce, seule accessible à nos investigations, des représentants de tous ces éléments, et c'est ainsi que nous les connaissons. Il suffit, pour concevoir ce qui a pu introduire ces anomalies, d'envisager les tourbillons qui agitent et traversent la photosphère solaire. Néanmoins, plus un corps présente un poids atomique élevé, plus il est rare à la surface, les occasions qui l'y ont amené ayant dû être plus exceptionnelles.

Une telle loi peut s'interpréter dans le sens de la chimie classique par une répartition des atomes déjà constitués qui se seraient classés suivant leurs poids. Mais, quand on rapproche une série de faits que je vais grouper, on est tenté de donner une autre explication alchimique qui, malgré son caractère tout à fait problématique, vaut peut-être la peine d'être signalée, tout au moins comme indication pour des recherches et des vérifications futures.

Tout d'abord, et quelle qu'en soit la cause, le fait reconnu sur la Terre ne paraît pas être une exception, mais l'application d'une loi cosmogonique générale. Si l'on prend comme origine de notre système solaire, suivant la théorie généralement admise, la condensation d'une nébuleuse, on voit, en effet, très nettement le poids des atomes s'accroître à mesure que la condensation s'effectue, et s'accroître, autant qu'on peut le vérifier, de la périphérie vers le centre de condensation. La nébuleuse ne renferme encore

(¹) *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 712.

(²) Comme il ne s'agit ici que d'ordres de grandeur, je supprime, pour simplifier, les décimales.

que des atomes légers : hydrogène (1), nébulium, hélium (4). De même, le spectre des étoiles les plus chaudes paraît se réduire à l'hydrogène avec des traces de métaux. Dans le stade de condensation plus avancé que représente le Soleil, les poids atomiques montent jusqu'à 56 et 58 (fer et nickel), avec exceptionnellement des traces d'étain (118). Mais les atomes les plus lourds ne se trouvent que dans la zone relativement profonde de la photosphère où dominent le fer, le nickel et le magnésium, tandis que les protubérances de la chromosphère présentent, avec des tourbillons d'hydrogène, des atomes légers ne dépassant pas le calcium (30). Enfin, dans le seul cas où nous puissions avoir des indices sur la composition centrale d'un astre condensé, la Terre, les atomes connus atteignent 238.

On peut, ce semble, rapprocher de ces faits une observation qui pourrait correspondre à un autre stade du même phénomène dans les idées actuelles sur la constitution de la matière. De même que les atomes sont plus lourds en se rapprochant du centre d'un astre, de même les planètes sont plus denses en se rapprochant de leur centre d'attraction, le Soleil. On part, à la périphérie, de 1,2 pour Neptune et l'on atteint 6,2 pour Mercure. Seuls Saturne et Vénus font légèrement exception; mais la Terre occupe sa place normale avec 5,52 et il en résulte que nous possédons, sur la Terre, presque le type le plus condensé de notre système solaire : en sorte que, d'après le rapprochement précédent, nous avons chance de rencontrer, sur la Terre, à peu près les atomes les plus lourds qui se soient réalisés dans notre univers.

Enfin je signalerai à ce propos l'interprétation depuis longtemps donnée de la loi de Bode. Les nombres qui mesurent les distances des planètes à Mercure paraissent mesurer en même temps les temps qui ont séparé leur formation et la progression géométrique de ces temps correspond à la condensation progressive de la nébuleuse solaire.

Arrivé là, voici l'interprétation, fondée sur les possibilités de transmutation, que je propose.

Pour moi, l'état de condensation que représente le poids atomique d'un corps simple n'est pas, en principe, antérieur à la formation des astres ou de leurs satellites, mais résulte de cette formation. Il constitue une adaptation au milieu. Dans un astre à l'état de fluidité, il existe, pour chaque position géométrique par rapport au centre, un état physique entraînant un poids atomique déterminé; d'où, pour l'ensemble de l'astre où des atomes plus ou moins lourds ont été réalisés, une densité plus ou moins forte. La tendance à cette condensation, qui implique une réaction endo-

thermique, correspond à l'attraction universelle et constitue l'état normal dans les parties centrales de tous les astres, notamment de la Terre.

Mais l'observation géologique la plus simple montre que cet état normal a été constamment troublé comme je le rappelais en commençant : d'abord, à l'état de fluidité, par des tourbillons avec développement de champs magnétiques et transport vers la surface d'atomes lourds déjà formés, puis par toutes les refusions successives qui ont accompagné les mouvements de l'écorce terrestre. D'autre part, et non moins évidemment, la Terre, aussi bien que les autres astres, reçoit, sous la forme de météorites, des atomes voyageurs qui lui arrivent déjà constitués d'un centre d'attraction étranger. Les données du problème se trouvent ainsi compliquées.

Par le fait même que chaque forme d'atome chimique implique des conditions physiques déterminées, ce type d'atomes n'a dû prendre naissance sur chaque astre que dans un espace géométrique défini et restreint. La proportion des éléments chimiques dans la Terre ne doit donc pas être livrée au hasard non plus que leur nature même. Elle-même est limitée comme la zone où elle s'est réalisée et il doit en résulter (indépendamment de toute transmutation inverse ou de tout déplacement) des rapports numériques entre les proportions des divers corps simples.

En résumé, si l'on envisage cet épiderme de l'écorce terrestre qui est seul abordé par nos investigations directes, on doit y trouver, avant tout, les éléments qui, par leur poids atomique, occupent là leur place légitime : oxygène (16), sodium (23), magnésium (24), aluminium (27), silicium (28). Mais il doit s'y joindre des atomes plus lourds venus des zones centrales, que j'appellerai dépaysés, et cela en proportion d'autant plus faible que leur origine normale est plus profonde.

La désintégration atomique, qui se traduit par une transmutation accompagnée de radioactivité, me paraît être la conséquence superficielle de ce dépaysement. Elle est le fait d'atomes qui, par des explosions successives, se remettent en équilibre avec leur milieu et qui produisent ainsi une réaction exothermique.

Dans cette hypothèse, la matière doit pouvoir présenter, suivant les conditions de milieu où elle est placée, trois états distincts : tendance à la condensation atomique, équilibre, désintégration; le premier plus spécial aux régions centrales, le dernier aux zones périphériques. De même que la désintégration se fait par explosions successives suivant une loi mathématique constatée pour le radium, de même on ne passe pas d'un tel état à l'autre par une courbe continue, mais par un saut analogue au

passage d'un point critique. C'est ainsi que la radioactivité semble, dans les limites où se restreignent nécessairement nos expériences de laboratoire, indépendante de toutes les conditions physiques, température, pression, etc. Mais cela n'exclut nullement la possibilité qu'à des pressions cent fois plus fortes ou en présence d'un état électrique tout différent, la radioactivité puisse s'interrompre brusquement avec les autres symptômes de désintégration pour passer à un état d'équilibre, au delà duquel un autre saut brusque amènerait une transmutation par condensation, de sens inverse. Si hypothétiques que soient de telles vues, elles ont l'avantage, comme je le montrerai ultérieurement, d'expliquer un certain nombre de faits géologiques.

HYDROLOGIE. — *Influence de la réaction ionique sur la décomposition des eaux sulfurées par un courant de gaz inerte; applications hydrologiques.* Note [1] de MM. **A. Desgrez, L. Lescœur** et M[lle] **S. Manjean.**

Le passage régulier d'un courant de gaz inerte à travers une solution sulfurée provoque l'entraînement de l'hydrogène sulfuré avec une vitesse qui peut, comme nous l'avons vu [2], servir à caractériser l'état chimique du milieu. C'est ainsi que, dans une solution où coexistent hydrogène sulfuré libre et sulfhydrate, on observe, dans l'allure du dégagement, deux phases se traduisant, sur les graphiques, par deux branches de courbe faisant entre elles un angle très net dans le cas où la proportion de l'hydrogène sulfuré libre est élevée, obtus et quelquefois peu visible, si la proportion de l'hydrogène sulfuré libre est faible. Ce dernier cas est celui du graphique n° I, obtenu non pas avec des solutions artificielles, mais avec un échantillon d'Eau de Challes.

Bien qu'assez peu marqué, un point anguleux se voit nettement à la cinquième minute; il décèle la présence d'une petite quantité d'hydrogène sulfuré libre dans l'échantillon considéré (prélevé le 23 novembre 1925).

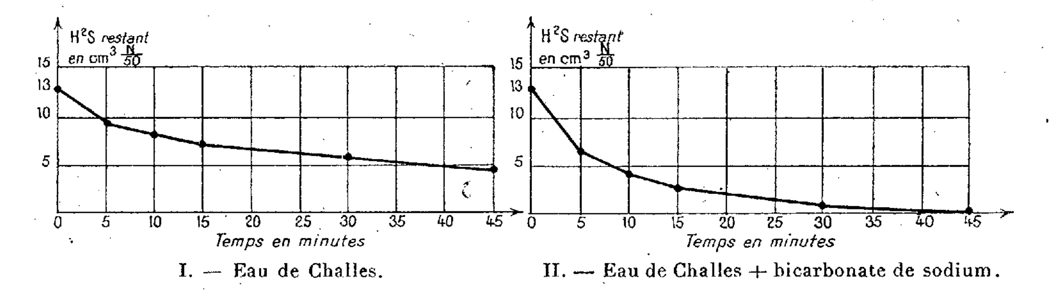
Il est intéressant de savoir dans quel sens la présence de sels étrangers peut modifier la diffusion de l'hydrogène sulfuré.

---

(1) Séance du 29 novembre 1926.

(2) A. Desgrez, L. Lescœur et M[lle] S. Manjean, *Influence d'un courant de gaz inerte sur la décomposition des solutions sulfurées; application aux eaux minérales* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 537. — L. Lescœur, *Absorption des gaz en circuit fermé. Présentation d'un appareil* (*Comptes rendus des séances de la Société de Biologie*, **86**, 1922, p. 912).

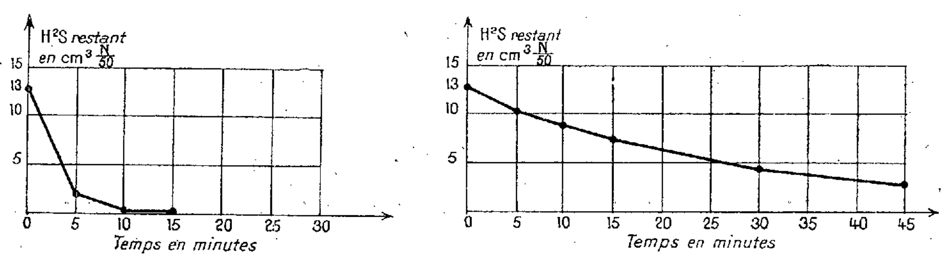
Une habitude assez répandue dans certaines stations d'eaux sulfurées, à Challes, en particulier, consiste à ajouter à l'eau minérale, avant ingestion, une cuillerée à café de bicarbonate de sodium. Voyons la conséquence de cette pratique.



I. — Eau de Challes. II. — Eau de Challes + bicarbonate de sodium.

Addition à l'eau de Challes d'une dose massive de bicarbonate de sodium. — A 500^{mg} de bicarbonate de sodium pulvérisé, contenu dans le flacon-laboratoire de notre appareil à circulation continue, nous avons ajouté 10$^{cm^3}$ de l'eau de Challes précédente. On voit (graphique II) qu'après 45 minutes, sous l'influence du bicarbonate de sodium, la totalité de l'hydrogène sulfuré a disparu. Or, dans des conditions expérimentales identiques, mais sans bicarbonate (graphique I), il reste encore, après le même temps, au moins $\frac{1}{3}$ de l'hydrogène sulfuré primitif à dégager. L'effet du bicarbonate est donc d'accélérer le départ de l'hydrogène sulfuré, sans toutefois le rendre instantané.

Addition à l'eau de Challes d'une dose massive de phosphate monopotassique. — A 500^{mg} de phosphate monopotassique, nous avons ajouté 10$^{cm^3}$ d'eau



III. — Eau de Challes + phosphate monopotassique. IV. — Eau de Challes + borate de sodium.

de Challes. Le phosphate monopotassique (graphique III) accélère la diffusion de l'hydrogène sulfuré de l'eau de Challes plus activement que ne le fait le bicarbonate de l'expérience précédente.

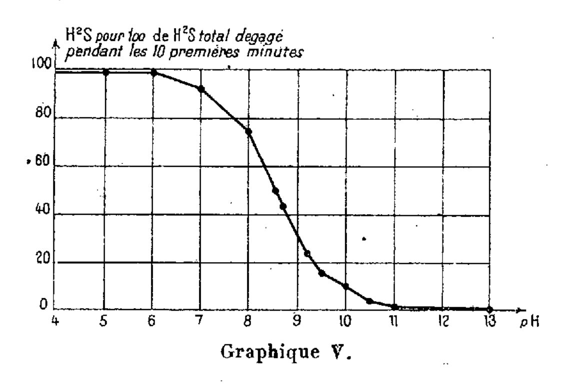
Addition à l'eau de Challes d'une quantité massive de borate de sodium. —

A 500^{ms} de borate pulvérisé, nous avons ajouté 50^{cm^3} d'eau de Challes (graphique IV). Le borate a eu pour effet de supprimer le point angulaire que nous avons noté sur la courbe I.

On voit que les additions salines que nous avons faites à l'eau de Challes modifient chaque fois l'allure de la diffusion de l'hydrogène sulfuré, qui devient différente de ce qu'elle était pour l'eau seule. Il est facile de montrer que les substances ajoutées n'interviennent nullement par leurs réactions spécifiques, mais uniquement par le pH qu'elles imposent au milieu.

Voici en effet comment varie la diffusion, en fonction du pH :

Nous avons préparé, au moyen de phosphates, de borate et d'acide borique, ou de borate et de soude, des solutions étalonnées à des pH différents (5^{cm^3}). Chaque fois nous avons ajouté un même volume (5^{cm^3}) de solution sulfurée correspondant, par prise d'essai, à $H^2S\,21^{cm^3}, 45\,\frac{N}{50}$, $NaOH\,9^{cm^3}, 1\,\frac{N}{50}$ et nous avons soumis le mélange à un courant de gaz inerte de vitesse constante. Chaque fois nous avons dosé l'hydrogène sulfuré entraîné pendant les 10 premières minutes. Pendant ce temps, la solution étalonnée, faisant office de tampon, s'opposait, dans une large mesure, à l'augmentation du pH, qui tend à se produire dans le milieu sulfuré lui-même, par suite du départ d'hydrogène sulfuré.



Graphique V.

Le graphique V, qui résume les diverses expériences, montre clairement l'influence du pH sur la diffusion de l'hydrogène sulfuré. On voit deux parties sensiblement horizontales traduisant, la première, l'instabilité connue de ce gaz dans les milieux acides, la seconde, sa stabilité dans les milieux alcalins. Le fait important est le raccordement de ces deux parties de courbe par une troisième, fortement inclinée sur l'axe des pH. Entre pH 8 et pH 9, pour une variation relativement faible du pH, la proportion

d'hydrogène sulfuré entraîné varie beaucoup. On s'explique ainsi l'effet différent observé sur l'eau de Challes par le phosphate de potassium, le bicarbonate de sodium et le borate de sodium, ces sels n'intervenant que par leur pH, qui est voisin de 4,4 pour le phosphate, de 8,3 pour le bicarbonate, et de 9,2 pour le borate.

Ce graphique permet d'expliquer certains faits intéressant l'hydrologie médicale. On voit, par exemple, que le pH 7,4 est situé non loin de l'origine de la partie descendante de la courbe. Le sang, dont l'équilibre acide-base est caractérisé par ce pH, aura donc, malgré sa réputation de liquide alcalin, une action décomposante relativement énergique sur les sulfures. On s'explique de plus pour quelle raison il n'existe pas de sulfures dans les urines de sujets soumis à une ingestion même massive d'eau sulfureuse : l'acidité ionique de l'urine est, en effet, incompatible avec l'existence de sulfures, puisque au pH moyen de l'urine, 6,5, près de 100 pour 100 d'hydrogène sulfuré, seraient instantanément libérés.

M. **Paul Vuillemin** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Les anomalies végétales. Leur cause biologique*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Directeur de l'Office national des Recherches et Inventions** prie l'Académie de vouloir bien désigner un de ses membres qui remplacera M. *Jean Barès*, décédé, dans le jury chargé d'attribuer les prix fondés par celui-ci en faveur de quatre inventeurs français, pères d'au moins trois enfants.

M. **Ch. Marie** adresse son *Rapport général*, présenté au nom de la Commission permanente du Comité International, pour 1925, des *Tables annuelles des constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie*.

GÉOMÉTRIE. — *Généralisation de la transformation de Laplace.* Note [1] de M. **Beniamino Segre**, présentée par M. Émile Borel.

1. On doit à M. E. Bompiani [2] la très importante conception des systèmes conjugués de courbes d'espèce ν, sur une surface quelconque d'un hyperspace; systèmes qui pour $\nu = 1$ se réduisent aux ordinaires systèmes conjugués de courbes.

En rapport avec ce dernier cas particulier sont les travaux classiques de G. Darboux [3] pour les surfaces de l'espace ordinaire, et ceux de C. Segre [4] pour les surfaces des hyperespaces, dans lesquels est exposée une transformation des systèmes conjugués en systèmes conjugués, qui constitue une intéressante représentation géométrique de la transformation de Laplace pour les équations différentielles du deuxième ordre [5].

Dans cette Note j'étends la transformation de Laplace aux systèmes conjugués d'espèce ν quelconque.

2. Un double système conjugué d'espèce ν se compose de deux familles ∞^1 de courbes φ' et φ'' tracées sur une surface Σ, et qui jouissent des deux propriétés suivantes dont chacune est à la fois nécessaire et suffisante pour que le système soit conjugué.

a. Les S_ν *osculateurs aux courbes de la première famille* [6] *dans les points d'une même courbe* φ'' *de la deuxième touchent une même courbe* φ''_1.

b. Les droites tangentes aux courbes de la deuxième famille dans les points d'une même courbe φ' *de la première forment une surface réglée dont le*

---

(1) Séance du 29 novembre 1926.

(2) E. Bompiani, *Sistemi coniugati sulle superficie degli iperspazi* (*Rendic. Circ. Mat. di Palermo*, 46, 1922, p. 91).

(3) G. Darboux, *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, IIe partie, IIe édition, 1915, p. 16.

(4) C. Segre, *Su una classe di superficie degl' iperspazi legata colle equazioni lineari alle derivate parziali di 2° ordine* (*Atti R. Accad. delle Scienze di Torino*, 42, 1907, XVII A, p. 1047; voir la page 1066).

(5) Cette représentation s'est montrée indispensable pour approfondir la théorie des susdites équations; voir par exemple E. Bompiani, *Sull' equazione di Laplace* (*Rendic. Circ. Mat. di Palermo*, 34, 1912, p. 383).

(6) On doit faire attention que les deux familles (que je distingue par les adjectifs première et deuxième) n'ont pas pour $\nu > 1$ des rôles échangeables.

premier indice de développabilité *est* ν [1], *c'est-à-dire les génératrices de ladite surface sont dans les* S_ν *osculateurs d'une même courbe* φ'_{-1}.

3. En partant d'un système conjugué d'espèce $\nu(\varphi', \varphi'')$ tracé sur une surface Σ, nous avons ainsi deux nouvelles familles ∞^1 de courbes φ''_1 et φ'_{-1}, lesquelles constitueront à leur tour deux surfaces Σ_1 et Σ_{-1} [2]. Par définition on nommera Σ_1 et Σ_{-1} respectivement la *première et la deuxième transformée de Laplace d'espèce* ν de la surface donnée Σ.

4. Entre les points des deux surfaces Σ et Σ_1 nous avons une *correspondance biunivoque*, en disant homologues deux points P de Σ et P_1 de Σ_1, lorsque le S_ν qui oscule en P la courbe φ' qui y passe, touche en P_1 la courbe φ''_1 qui contient ce point. Appelons φ'_1 les courbes de Σ_1 homologues des φ' dans ladite correspondance entre Σ et Σ_1. Les tangentes aux courbes φ''_1 dans les points d'une même courbe φ'_1 sont dans les S_ν osculateurs de la courbe homologue φ'. Par les n°s 2 *b* et 3, nous avons alors :

Les courbes $(\varphi'_1, \varphi''_1)$ *forment sur* Σ_1 *un système conjugué d'espèce* ν dont les φ'_1 sont les courbes de la première famille, et les φ''_1 celles de la deuxième.

La surface Σ *est la deuxième transformée de Laplace d'espèce* ν *de la* Σ_1.

5. Entre les points des deux surfaces Σ et Σ_{-1} nous avons une *correspondance biunivoque*, en disant homologues deux points P de Σ et P_{-1} de Σ_{-1}, lorsque la droite qui touche en P la courbe φ'' qui y passe, est dans le S_ν qui oscule en P_{-1} la courbe φ'_{-1} qui contient ce point. Appelons φ''_{-1} les courbes de Σ_1 homologues des φ'' dans ladite correspondance. Les S_ν osculateurs aux courbes φ'_{-1} dans les points d'une même courbe φ''_{-1} sont tangents à la courbe homologue φ''. Par les n°s 2 *a* et 3, nous avons alors :

Les courbes $(\varphi'_{-1}, \varphi''_{-1})$ *forment sur* Σ_{-1} *un système conjugué d'espèce* ν, dont les φ'_{-1} sont les courbes de la première famille, et les φ''_{-1} celles de la deuxième.

La surface Σ *est la première transformée de Laplace d'espèce* ν *de la* Σ_{-1}.

6. Les n°s 4 et 5 montrent que les deux sortes de transformations d'espèce ν définies au n° 3 changent un système conjugué d'espèce ν en un autre système conjugué d'espèce ν. Les deux transformations pour $\nu > 1$ sont de nature essentiellement différente. Toujours est-il qu'en appliquant

---

(1) Pour la signification de cette locution et les propriétés qui s'y rapportent, voir E. BOMPIANI, *Alcune proprietà proiettivo-differenziali dei sistemi di rette negli iperspazi* (*Rendic. Circ. Mat. di Palermo*, 37, 1914, p. 305). Les propriétés *a*, *b* découlent facilement de la définition des systèmes conjugués d'espèce ν; la dernière se trouve déjà dans le travail cité dans la note (2) de la page précédente, au paragraphe IV.

(2) Je laisse de côté les cas particuliers qui pourraient se présenter.

successivement les *deux* transformations de Laplace (dans l'une ou bien dans l'autre des deux façons possibles) on tombe toujours sur le système conjugué initial. Donc :

Un système conjugué d'espèce ν détermine en général une chaîne, ouverte aux deux côtés, d'infinis systèmes analogues à laquelle il appartient, et dans laquelle chaque système a pour consécutifs ses deux transformés de Laplace d'espèce ν.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations différentielles linéaires et le problème de Plateau.* Note [1] de M. **René Garnier.**

Montrons tout d'abord comment on peut exclure la possibilité des pseudo-chocs [2] dans le problème de Plateau. Les résultats exposés dans mon Mémoire [R] sur le problème de Riemann permettaient déja d'étudier les pseudo-chocs binaires; pour aller plus loin, *il fallait d'abord discuter l'allure des intégrales de* (g_n, G_n) *lorsqu'un nombre quelconque de points singuliers,* soient $t_i, t_{i+1}, \ldots, t_n, t_{n+1} = 0$ *deviennent très voisins.* A cet effet, je substitue à (g_n, G_n) le système de M. Schlesinger, et je fais dans ce système la transformation $t_h = v_h t_i$ $(h = i, \ldots, n)$; puis, supposant par exemple les v_h et les t_k constants $(k = 1, \ldots, i-1, n+2, n+3)$ j'étudie le nouveau système, soit $(A)'$, par la méthode que j'ai appliquée dans [R] à (g_n, G_n). D'ailleurs, actuellement, on peut se borner à l'étude des caractéristiques de deuxième espèce; je les construis encore par approximations successives, la notation des matrices simplifiant notablement les calculs et les démonstrations de convergence. Procédant alors par récurrence comme dans [R], je montre qu'il n'existe pas d'autre représentation possible dans le cas réel (qui est celui du problème de Plateau) que celle des caractéristiques précédentes : *dans le voisinage d'un pseudo-choc les intégrales de* $(A)'$ *sont représentables par des fonctions holomorphes de* t_i^s, t_i^{1-s}, *multipliées par* t_i^ε $(\varepsilon = -1, 0, 1$; s exposant positif $< 1)$.

Ce résultat acquis, il est possible d'étudier dans le cas d'un pseudo-choc l'allure des coefficients de l'équation linéaire, E, attachée au problème de Plateau. Utilisant alors la méthode de M. H. von Koch qui établit aisément la convergence uniforme des séries représentant les intégrales de E, dans

---

(1) Séance du 6 décembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1012.

une couronne située entre les t_h et les t_k, j'étudie les intégrales canoniques pour $x = t_{n+1} (= 0)$; j'obtiens ainsi le résultat essentiel que voici et qui exclut les pseudo-chocs :

Lorsque $t_i, \ldots, t_n, t_{n+1} (= 0)$ *sont infiniment voisins, il en est de même des sommets* $A_i, \ldots, A_n, A_{n+1}$, *et l'on a*

$$c_n \equiv \text{long.}\, A_n A_{n+1} : \text{long.}\, A_{n+1} A_{n+2} = t_i^{1+s} f(t_i^s, t_i^{1-s}),$$

f *étant holomorphe en* t_i^s, t_i^{1-s} *pour* $|t_i|$ *assez petit; on a d'ailleurs* $\pi(1-s) = V$, V *désignant la détermination comprise entre* 0 *et* π *de l'angle* $\overrightarrow{A_{i-1}A_i}, \overrightarrow{A_{n+1}A_{n+2}}$ *des deux côtés finis du polygone* P_n, *contigus aux côtés infiniment petits.*

Le problème de Plateau est ainsi résolu pour les polygones gauches.

Abordons maintenant le problème de Plateau pour les contours continus $\mathcal{C}$. L'extension de la solution précédente nécessite évidemment qu'on sache résoudre, au préalable, la forme-limite *continue* du problème de Riemann. Or ce problème-limite (H) a été posé comme il suit par M. Hilbert : trouver deux matrices $\Phi(z)$, $\Psi(z)$ holomorphes l'une intérieurement, l'autre extérieurement (et à distance finie) à la courbe continue fermée C et telles que sur C on ait

$$\Phi(z) = \Psi(z)\, A(z), \qquad (\mathcal{A})$$

$A(z)$ étant une matrice *continue*, donnée le long de C.

Dans un Mémoire des plus remarquables [1], M. G.-D. Birkhoff a résolu le problème (H) par une méthode élémentaire indépendante de celle de M. Hilbert; pour appliquer la méthode de M. Birkhoff au problème actuel, *il fallait étudier tout d'abord la continuité des solutions de* $(\mathcal{A})$ *par rapport aux données* $A(z)$.

A cet effet, j'ai établi le lemme suivant : faisons dans $(\mathcal{A})$ $A = I + B(z)$, I étant la matrice-unité, et les éléments $b(z)$ de $B(z)$, comme les quotients [2] $[b(z) - b(x)] : (z - x)$ étant inférieurs en module à des expressions dépendant du nombre positif arbitrairement petit α; $(\mathcal{A})$ possédera une solution $\Phi = I + \varphi(z)$, $\Psi = I + \psi(z)$, où les éléments de φ (et ψ) sont à l'intérieur (et à l'extérieur) de C arbitrairement petits en module, pourvu que α soit assez petit.

---

(1) *Proceed. of the Amer. Acad.*, **49**, 1913-1914, p. 521.

(2) La prise en considération de ces quotients entraîne la limitation de la courbure moyenne de $\mathcal{C}$ énoncée au début de notre Note précédente. L'énoncé explicite des conditions imposées à $\mathcal{C}$ sera exposé dans un autre Recueil.

Ceci posé, inscrivons dans le contour $\mathcal{C}$ deux polygones P_n, P_{n+1}, de $n+3$, et $n+4$ côtés, les $n+4$ sommets de P_{n+1} appartenant tous à P_n, exception faite d'un seul. Pour n assez grand on peut former une solution du problème de Plateau $\mathcal{P}_{n+1}$ relatif à P_{n+1} à partir d'une solution de $\mathcal{P}_n$, par un procédé d'approximations successives; la démonstration de convergence repose sur le lemme et sur l'emploi des équations auxiliaires, et notamment du facteur τ^p de M. Birkhoff. Les relations obtenues dans la démonstration permettent la comparaison des deux solutions, et établissent la convergence uniforme des segments de surfaces minima inscrits dans P_n, P_{n+1}, ... vers un segment-limite inscrit dans $\mathcal{C}$.

Indépendamment de ce résultat, j'ai obtenu encore les suivants. Les énoncés de M. Birkhoff supposent l'analyticité de A, sauf en un nombre fini de points. En m'appuyant sur le lemme précédent, et en faisant l'approximation d'une fonction continue sur C par des sommes finies de Fourier, *j'ai étendu sa méthode à une matrice continue quelconque* A, telles que $[A(z)-A(x)]:(z-x)$ reste bornée. J'ai pu préciser également *le voisinage relatif (intérieurement et extérieurement à* C) *de deux solutions d'un problème de Riemann et d'un problème* (H), *ou de deux problèmes* (H), *à données voisines* A_1 et $A_2=A_1+B$: ce voisinage dépend de l'ordre de grandeur sur C de $B(z)$ et de $[B(z)-B(x)]:(z-x)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes d'équations et les transformations continues*. Note de M. **E. Vessiot**, présentée par M. Hadamard [1].

1. Le théorème démontré par MM. Wavre et Bruttin [2] est un cas particulier $(n=2)$ du suivant : *Étant donné, dans un domaine* D, *de l'espace* $(x_1, \ldots, x_n)$, *un champ continu de vecteurs* $\vec{V}$, *s'il arrive que, sur une multiplicité fermée* C, *à* $n-1$ *dimensions, contenue dans* D *et réductible à la forme sphérique par déformation continue biunivoque, le vecteur* $\vec{V}$ *soit*

---

[1] Je saisis cette occasion, d'accord avec M. Wavre, pour rappeler que M. Birkhoff, l'illustre mathématicien américain, avait étudié le même problème dans une voie d'ailleurs tout à fait différente de l'une et de l'autre de celles qui ont été suivies par M. Wavre et par M. Vessiot. — (J. H.)

[2] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 843.

constamment dirigé vers l'extérieur (ou l'intérieur) *de* C, *il y a, dans l'intérieur de* C, *au moins un zéro de* $\overrightarrow{V}$.

Ce théorème qui, pour $n = 1$, équivaut au théorème classique dit des substitutions, est, à la forme près de l'énoncé, dû à Poincaré ([1]). La démonstration de Poincaré est une application des indices de Kronecker. On peut lui donner une entière rigueur en y mettant en évidence le *principe de Poincaré-Bohl* ([2]), d'après lequel l'indice, sur C, de deux systèmes de vecteurs $\overrightarrow{V}$ et $\overrightarrow{V'}$ est le même si $\overrightarrow{V}$ et $\overrightarrow{V'}$ ne sont opposés en direction en aucun point de C. Il en résulte que, dans le cas de l'énoncé, l'indice de $\overrightarrow{V}$ est le même que celui de la normale extérieure à C, qui est $+1$. D'où le théorème, avec les précisions connues si l'on fait intervenir les indices des zéros.

Poincaré examine aussi le cas où C a une connexion quelconque; on pourrait examiner de même celui de plusieurs contours C formant la frontière d'un domaine connexe.

2. J'observerai que, d'après la démonstration, le théorème subsiste si l'on suppose seulement qu'il existe un système continu de vecteurs $\overrightarrow{V'}$ (issus des points de C), dirigés tous vers l'extérieur, ou tous vers l'intérieur, et tels que $\overrightarrow{V}$ et $\overrightarrow{V'}$ ne soient opposés en direction en aucun point de C.

Poincaré suppose que $\overrightarrow{V}$ est pourvu de dérivées continues, mais cela n'est pas indispensable pour appliquer la théorie des indices. On peut, du reste, remplacer $\overrightarrow{V}$, s'il y a lieu, par un vecteur approché $\overrightarrow{W}$, pourvu de dérivées continues auquel le théorème s'appliquera : le minimum absolu de *mod.* $\overrightarrow{V}$, dans C et sur C, surpassant d'aussi peu que l'on veut celui de *mod.* $\overrightarrow{W}$, qui est nul, est nul aussi. C. Q. F. D.

3. Soient T une transformation continue et M' le transformé d'un point quelconque M. On prendra $\overrightarrow{V} = \overrightarrow{MM'}$. Si C se transforme en un contour intérieur à C', on conclura, comme MM. Wavre et Bruttin, à l'existence d'un point invariant.

Si C est invariant, sans qu'aucun de ses points le soit, on conclut, en

---

([1]) *Sur les courbes définies par des équations différentielles* (*Journal de Mathématiques*, 4e série, 2, 1886, p. 177 à 186).

([2]) Voir par exemple la Note de M. Hadamard, dans l'*Introduction à la Théorie des fonctions d'une variable*, de J. Tannery, 2e édition, 2, p. 467.

ramenant C à la forme sphérique, que l'indice de $\vec{V}$, relatif à C, est celui de la normale intérieure, donc $(-1)^n$. Il y a donc au moins un point invariant à l'intérieur de C. C'est un théorème de Brouwer, mais nous ne supposons pas que T soit biunivoque.

Si T est biunivoque sur C, considérons $\vec{V} = \overrightarrow{MM'}$ et $\vec{V'} = \overrightarrow{M'M}$. Ils ont même indice, celui de la normale intérieure. Comme ils sont deux à deux opposés, cela exige que T conserve le sens de l'orientation sur C, si n est pair, et le change, si n est impair. Dans les autres cas, il y a donc un point invariant sur C. C'est la généralisation d'un autre théorème de Brouwer.

4. Des considérations semblables s'appliquent aux systèmes continus de vecteurs tangents à C. Si aucun n'est nul, leur indice est le même que celui de la normale extérieure, et le même que celui de la normale intérieure. Cela n'est possible que si ces deux indices sont les mêmes, d'où les cas d'impossibilité connus.

L'application aux singularités d'un système $dx_i = V_i(x_1, \ldots, x_n)\,dt$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, sur un contour C engendré par des trajectoires, ou à son intérieur, serait immédiate [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation de la forme $s = p\varphi(x, y, z, q)$ intégrable par la méthode de Darboux.* Note de M. **Lainé**, présentée par M. Goursat.

Les équations

$$\text{(E)} \qquad s = f(x, y, z, p, q)$$

qui possèdent un invariant du second ordre pour *chaque* système de caractéristiques ont été déterminées et intégrées par M. Goursat.

Complétant un résultat de M. Gosse (*Thèse*, Chap. I), j'ai montré que les seules équations (E) qui ont un invariant pour le système (X) de caractéristiques sont les équations de M. Goursat ou se ramènent à l'une des

---

[1] Je dois à M. Montel l'idée de cette dernière application, ainsi que celle d'utiliser des polynômes d'approximation pour les composantes du vecteur $\vec{V}$ dans la démonstration du n° 2.

deux équations

$$(E_1) \qquad s = p\left(\frac{\sqrt{q}+q}{z-y} + \frac{q}{z-x}\right),$$

$$(E_2) \quad s = 2\left[(z+X)^2 + p + (z+X)\sqrt{(z+X)^2+p}\right]\left[\frac{\sqrt{q}+q}{z-y} - \frac{q}{\sqrt{(z+X)^2+p}}\right],$$

X désignant une fonction arbitraire de la seule variable x, et ne se réduisant pas à une constante.

L'équation (E_1) est de la première classe; elle admet en effet, outre l'invariant du second ordre

$$\frac{r}{p} - \frac{p}{2}\left(\frac{1}{z-y} + \frac{3}{z-x}\right) + \frac{1}{z-x},$$

un invariant du troisième ordre, pour le système (Y) de caractéristiques, dont j'ai donné l'expression.

Tout en reconnaissant qu'elle mérite une place dans la nomenclature des équations de la première classe, M. Gosse (¹) fait remarquer que cette équation (E_1) n'est qu'un cas particulier des équations

$$(1) \qquad s = p\varphi(x, y, z, q),$$

qui peuvent se mettre sous la forme

$$(2) \qquad \frac{\partial}{\partial x}\varphi(x, y, z, q) = \frac{\partial}{\partial y}\psi(x, y, z, p)$$

et admettent par conséquent l'invariant $\frac{r}{p} - \psi(x, y, z, p)$. M. Gosse ajoute :

« Il est facile de former toutes les fonctions φ qui vérifient la condition (2). Elles fournissent des équations (1) parmi lesquelles il peut y avoir des équations de la première classe non explicitement cataloguées. J'ai formé le groupe (1) mais n'en ai jamais terminé l'étude, parce que ces équations m'ont paru s'intégrer plus facilement comme équations différentielles que par la méthode de Darboux. »

La question est beaucoup plus restreinte que ne paraît le supposer M. Gosse. Le groupe (1) n'a pas besoin d'étude spéciale, car, ses équations ayant un invariant du *second* ordre pour le système (X), ce groupe ne comprend que des équations de M. Goursat et l'équation (E_1). Il n'est donc pas

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1598.

possible de considérer l'équation (E_1) comme rentrant dans une famille plus générale d'équations intégrables par la méthode de Darboux : elle reste, en dehors des équations de M. Goursat, *la seule équation de la première classe qui ait un invariant du second ordre pour le système* (X) *de caractéristiques.*

Par contre M. Gosse avait raison de supposer que cette équation (E_1) devait pouvoir s'intégrer plus facilement comme équation différentielle, à partir de l'invariant du second ordre, que par la méthode de Darboux. J'ai en effet obtenu, sans utiliser l'invariant du troisième ordre, les formules suivantes, qui font connaître, sans aucun signe de quadrature, au moyen des deux fonctions arbitraires $f(\alpha)$ et $\varphi(\beta)$, l'intégrale générale de l'équation (E_1),

$$x = f''(\alpha), \quad y = \varphi''(\beta), \quad z = \varphi''(\beta) + \frac{[(\alpha+\beta)\varphi'' - f' - \varphi']^2}{2(f-\varphi) - (\alpha+\beta)^2\varphi'' + 2(\alpha+\beta)\varphi'}.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs des fonctions holomorphes dans un cercle.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

Dans un article qui doit paraître dans un autre recueil, j'ai démontré, en utilisant les propriétés des familles normales de M. Montel, la proposition suivante :

I. *A tout nombre positif* ε *correspond un nombre positif* $C(\varepsilon)$ *tel que les valeurs de toute fonction* $Z = f(z)$ *holomorphe pour* $|z| < 1$, *nulle à l'origine, de dérivée égale à* 1 *à l'origine, recouvrent tout le cercle* $|Z| < C(\varepsilon)$, *sauf au plus des points qui peuvent être enfermés dans un cercle qui est vu de* $Z = 0$ *sous l'angle* 2ε.

Ce théorème est aussi une conséquence immédiate du théorème classique de M. Landau sur les fonctions holomorphes dans un cercle où elles ne prennent pas les valeurs 0 et 1. Supposons en effet que $f(z)$ ne prenne pas certaines valeurs, soient Z' la valeur de plus petit module qui n'est pas prise, et Z'' une seconde valeur non couverte telle que

$$|Z'' - Z'| > \eta |Z'|,$$

η étant un nombre donné. Le théorème de M. Landau s'applique à la fonction

$$\frac{f(z) - Z'}{Z'' - Z'},$$

on a

$$\frac{1}{|Z'' - Z'|} < \Omega\left(\frac{1}{\eta}\right);$$

donc

$$|Z''| > \frac{1}{2\Omega\left(\frac{1}{\eta}\right)}.$$

Les points du cercle

$$|Z| < \frac{1}{3\Omega\left(\frac{1}{\eta}\right)}$$

qui ne sont pas couverts vérifient l'inégalité

$$|Z - Z'| \leqq \eta\,|Z'|,$$

ce qui démontre le théorème.

Inversement, du théorème I on peut déduire de bien des façons celui de M. Landau. Par exemple, si $g(z) = a_0 + a_1 z + \ldots$ est holomorphe pour $|z| < R$ et ne prend pas les valeurs 0 et 1, et si $a_1 \neq 0$,

$$\frac{g(z) - a_0}{a_1}$$

ne prend pas les valeurs $-\frac{a_0}{a_1}$ et $\frac{1 - a_0}{a_1}$ dont la différence est $\frac{1}{a_1}$.

Si $|a_0| < |a_0 - 1|$, on a

$$\frac{a_0 - 1}{a_1} > RC\left(\frac{\pi}{6}\right) \quad \text{ou} \quad \frac{a_0 - 1}{a_1} > RC\left[\arcsin\left(\frac{1}{a_0}\right)\right],$$

suivant que a_0 est inférieur ou égal à 2 ou supérieur à 2. Pour $|a_0 - 1| \leqq |a_0|$, on a un résultat analogue.

Le théorème I est donc équivalent au théorème de M. Landau. Il contient un théorème de M. Kœbe et une généralisation de ce théorème due à M. Landau [1]. On peut aussi l'énoncer sous cette forme :

II. *Il existe une constante absolue* C *et une fonction* $\varepsilon(n)$ *tendant vers zéro avec* u, *telles que les valeurs de toute fonction* $f(z)$ *satisfaisant aux conditions de* I *couvrent tout le cercle* $|Z| < C$, *sauf peut-être un cercle*

$$|Z - Z(f)| < \varepsilon(|Z(f)|)\,|Z(f)|.$$

L'exemple de la fonction

$$\frac{1}{b}(e^{bz} - 1)$$

---

[1] *Rendiconti del Circolo mat. di Palermo*, 46, 1922, p. 347-348.

montre que le cercle exceptionnel peut se présenter et que $\varepsilon(u)$ doit être de nature exponentielle ([1]).

On peut étendre le théorème I dans diverses directions. Notamment, on peut, avec M. Bohr ([2]), remplacer l'hypothèse faite sur la valeur de la dérivée à l'origine par celle-ci : $|f(z)| \geqq 1$ en un point d'un cercle $|z| < \rho < 1$. Dans la démonstration on remplace le théorème de M. Landau par celui de M. Schottky. On obtient cette proposition :

III. *Si* $Z = f(z)$ *est holomorphe pour* $|z| \leqq R$, $f(0) = 0$, *et si* $M(r, f)$ *est le maximum de* $|f(re^{iu})|$ *tandis que* $C(R, f, \varepsilon)$ *est le plus grand rayon des cercles* $|Z| < h$ *qui sont couverts par les valeurs* z *à l'exception d'un petit cercle vu de* $Z = 0$ *sous l'angle* ε, *on a*

$$M(r, f) < \theta\left(\frac{r}{R}, \varepsilon\right) C(R, f, \varepsilon) \qquad (r < R). \tag{1}$$

Dans une exposition des éléments de la théorie des fonctions où, grâce aux considérations de ma Note du 3 novembre ([3]) qui ont encore été simplifiées considérablement par M. Landau, le théorème général de M. Picard et ses compléments seraient donnés immédiatement après les théorèmes généraux de Cauchy, l'inégalité (1) fournirait ce qu'il y a d'essentiel dans le théorème de M. Hadamard sur la partie réelle d'une fonction analytique. Elle contient la généralisation du théorème de Liouville, due à M. Hadamard, qui est utilisée dans la décomposition en facteurs des fonctions entières.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'ajustage d'un ensemble de valeurs.* Note de M. **Octave Onicescu**, présentée par M. Émile Borel.

1. Considérons un ensemble de valeurs limitées $y_1^{(0)}, y_2^{(0)}, \ldots, y_p^{(0)}$, correspondant aux abscisses $x_1, x_2, \ldots, x_p$. On a souvent à chercher une fonction $y = f(x)$ qui, faute de pouvoir être rectifiée $[y_i^{(0)} = f(x_i)\, i = 1, 2, \ldots, p]$ par l'ensemble des valeurs données, s'adapte le mieux à cet ensemble. Encore faut-il préciser ce que cela veut dire et à quel domaine fonctionnel doit appartenir $f(x)$. Différentes méthodes ont été proposées. J'en indique ici une, basée sur l'utilisation de la notion de moyenne, donc d'un caractère

([1]) Ce point vient d'être établi par M. Landau.

([2]) *Scripta Universitatis Hierosolymis*, 1. 1923, p. 1.

([3]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 728-730.

nettement statistique. La généralité de cette méthode nous permet de l'appliquer aussi dans les cas, analytiquement intéressants, où l'ensemble des valeurs données n'est plus fini. J'applique cette méthode à la recherche d'intégrales (ayant des valeurs approximatives au contour) d'une équation aux dérivées partielles, ou à la résolution d'un problème de même nature relatif à une équation intégrale.

2. Soit un système de h fonctions $\varphi_1(x), \varphi_2(x), \ldots, \varphi_h(x)$, linéairement indépendantes, déterminées et finies pour toutes les valeurs de x dans l'intervalle que l'on considère. Nous allons chercher $f(x)$ dans le champ fonctionnel

$$y = \lambda_0 1 + \lambda_1\varphi_1(x) + \lambda_2\varphi_2(x) + \ldots + \lambda_h\varphi_h(x), \tag{1}$$

$\lambda_0, \lambda_1, \ldots, \lambda_h$ étant un système arbitraire des paramètres. Le problème de l'ajustage se pose seulement si $h < p - 1$, comme nous allons le supposer.

Chaque correspondance

$$\begin{pmatrix} y_{i_1}, y_{i_2}, \ldots, y_{i_{h+1}} \\ x_{i_1}, x_{i_2}, \ldots, x_{i_{h+1}} \end{pmatrix} \quad \text{où} \quad \begin{matrix} i_1 \neq i_2 \neq \ldots = i_{h+1} \\ i_1, i_2, \ldots, i_{h+1} = 1, 2, \ldots, p \end{matrix}$$

détermine une courbe (1) dont l'ordonnée y est partout finie dans l'intervalle qui nous intéresse. Cette courbe rencontre la perpendiculaire à l'axe des abscisses au point x_j, en un point d'ordonnée finie $y^{(1)}_{i_1, i_2, \ldots, i_{h+1}, j}$. Faisons cette opération pour toutes les C^{h+1}_{p-1} correspondances

$$\begin{pmatrix} y_{i_1}, y_{i_2}, \ldots, y_{i_{h+1}} \\ x_{i_1}, x_{i_2}, \ldots, x_{i_{h+1}} \end{pmatrix} \quad \text{ou} \quad \begin{matrix} i_1 \neq i_2 \neq \ldots \neq i_{h+1} \neq j \\ i_1, i_2, \ldots, i_{h+1} = 1, 2, \ldots, p \end{matrix},$$

et formons la moyenne des valeurs ainsi obtenues, et de $y^{(0)}_j$

$$y^{(1)}_j = \frac{y^{(0)}_j + \Sigma'_i y^{(1)}_{i_1, i_2, \ldots, i_{h+1}, j}}{1 + C^{h+1}_{p-1}} = \sum_{s}^{1 \ldots p} \alpha^{(1)}_{js} y^{(0)}_s = \sum_{l=0,1,\ldots,h}^{s=1,2,\ldots,p} A^{(1)}_{ls} y^{(0)}_s \varphi_l(x_j) - k y^{(0)}_j \tag{2}$$

$\left[\text{avec la convention de mettre } \varphi_0(x_j) = 1 \text{ et } k = \dfrac{C^h_{p-1} - 1}{C^{h+1}_{p-1} + 1}\right]$.

Je fais ensuite sur l'ensemble $y^{(1)}_j$ $(j = 1, 2, \ldots, p)$ une opération identique à la précédente et si je répète m fois la même opération, je trouve l'ensemble

$$y^{(m)}_j = \sum_{i_1, i_2, \ldots, i_{m-1}, s}^{1, 2, \ldots, p} \alpha^{(1)}_{j i_1} \alpha^{(1)}_{i_1 i_2} \ldots \alpha^{(1)}_{i_{m-1}, s} y^{(0)}_s = \sum_{s}^{1, 2, \ldots, p} \alpha^{(m)}_{js} y^{(0)}_s$$

$$= \sum_{l=0,1,\ldots,h}^{s=1,2,\ldots,p} A^{(m)}_{ls} y^{(0)}_s \varphi_l(x_j) + (-1)^m k^m y^{(0)}_j.$$

Comme on a, quel que soit m, $\sum_{s}^{1,2,\ldots,p} \alpha_{js}^{(m)} = 1$ et $k < 1$, on démontre, sans peine, que $y_j^{(m)}$ a une limite y_j quand $m \to \infty$, et que les points x_1, y_1 ; x_2, y_2 ; ... ; x_p, y_p se trouvent sur une courbe (1) déterminée.

3. Il n'est pas sans intérêt de remarquer que, pour former le champ (1), nous avons complété le système de fonctions $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_h$ par la constante $\varphi_0 \equiv 1$. Dans le champ fonctionnel $\lambda_1 \varphi_1 + \lambda_2 \varphi_2 + \ldots + \lambda_h \varphi_h$, il n'y a aucune stabilité pour la suite $y_j^{(m)}$, à moins que les fonctions φ ne vérifient certaines conditions spéciales, que nous n'étudierons d'ailleurs pas ici.

Nous ajoutons encore une remarque concernant la formule de la moyenne que nous avons employée. Nous aurions pu attribuer à chaque $y_{i_1, i_2, \ldots, i_{h+1}}^{(m)}$ et $y_j^{(m-1)}$ comme poids respectivement $p^{i_1, i_2, \ldots, i_{h+1}, j}$, p_j, ces poids étant tels que $p_j + \Sigma' p_{i_1, i_2, \ldots, i_{h+1}} = 1$. L'ajustage réussit par cette opération plus générale aussi. L'introduction des poids peut avoir même des avantages pratiques, si l'on s'arrange de manière que les suites $y_s^{(m)}$ soient plus rapidement convergentes.

4. Supposons que les valeurs données forment un ensemble dénombrable. On a alors $p = \infty$. Les formules précédentes restent valides. Comme nous avons dans ce cas $k = 0$, la première opération nous conduit au résultat

$$y_j = y_j^{(1)} = \sum_{l=0,1,\ldots,h}^{s=1,2,\ldots,\infty} \mathrm{A}_{ls}^{(1)} y_s^{(0)} \varphi_l(x_j).$$

Pour vérifier la convergence de la série du second membre, que l'on peut encore écrire, comme au n° 1,

$$y_j = \sum_{s}{}_{1}^{\infty} \alpha_{js}^{(1)} y_s^{(0)},$$

il faut remarquer que l'on peut toujours considérer les $y_s^{(0)}$ comme positifs, sans diminuer la généralité du problème.

5. Si nous donnons $y^0(x)$ sur un ensemble non dénombrable de valeurs de x, soit, pour préciser ici, sur un ensemble de mesure finie, l'ajustage par une courbe (1) donnera

$$y(x) = \sum_{l=0,1,\ldots,h} \left\{ \int_{\varepsilon^{h+1}} \frac{\begin{vmatrix} \varphi_0(\xi_1) & \varphi_1(\xi_1) & \ldots & \varphi_{l-1}(\xi_1) & y_0(\xi_1) & \varphi_l(\xi_1) & \ldots & \varphi_h(\xi_1) \\ \varphi_0(\xi_2) & \varphi_1(\xi_2) & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \varphi_0(\xi_{h+1}) & \varphi_1(\xi_{h+1}) & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \varphi_h(\xi_{h+1}) \end{vmatrix}}{\left\| \varphi_i(\xi_j) \right\|_{\substack{i=0,1,\ldots,h \\ j=1,2,\ldots,h+1}}} p(\xi_1)\, p(\xi_2) \ldots p(\xi_{h+1})\, d\xi_1\, d\xi_2 \ldots \right.$$

où l'on a, pour les fonctions positives de répartition $p(\xi)$, l'égalité

$$\int_{\varepsilon} p(\xi)\, d\xi = 1.$$

6. Toutes les considérations précédentes sont valables et immédiatement transposables à des fonctions de plusieurs variables.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Au sujet de l'emploi dans les moteurs à explosion de carburants peu inflammables.* Note de M. **Paul Dumanois**, présentée par M. Rateau.

Nous avons eu l'occasion de démontrer en juin 1914 qu'il était possible, par une pulvérisation convenable, sans pompe à combustible, d'enflammer directement par une étincelle électrique, sans réchauffage, du pétrole lampant dans un moteur à explosion.

C'est au cours de ces expériences que notre attention a été attirée sur les phénomènes brisants produits par l'air carburé au pétrole lampant, et c'est ce qui nous a amené à étudier les phénomènes de détonation.

Nous avons eu l'occasion, depuis, de montrer qu'il est possible d'utiliser des carburants lourds, à condition de leur associer un carburant plus léger jouant le rôle d'atomiseur.

Nous avons été amené alors à rechercher si, inversement, la diminution, dans un carburant, de la proportion de produits lourds, ne permettrait pas une diminution de la proportion de produits légers sans nuire à la combustion.

La qualité essentielle d'un combustible employé dans un moteur à explosion, et spécialement dans un moteur poussé, est l'homogénéité. C'est ainsi que les cahiers des charges prévoient pour les moteurs d'aviation des essences qui distillent entre 60° et 140°. Ces essences sont donc non seulement homogènes, mais extrêmement volatiles. Ces conditions des cahiers des charges résultant de faits expérimentaux tous concordants, paraissent logiques. Cependant ces conclusions pèchent par la base. En effet, tous les essais d'endurance qui ont servi de base à l'élaboration des cahiers des charges ont été effectués au sol, alors qu'un moteur d'avion fonctionne à une altitude d'utilisation indéterminée.

Or, parmi les quantités qui contribuent à la bonne formation d'un mélange carburé et à l'homogénéité de celui-ci, intervient d'une façon fondamentale la tension de vapeur du carburant par rapport à l'air.

Dans le cas d'un moteur d'avion, la tension de vapeur du combustible reste constante alors que la pression atmosphérique diminue avec l'altitude. Nous avons donc été amené à l'hypothèse suivante : un combustible ayant les mêmes caractéristiques d'homogénéité qu'une essence d'aviation, une fluidité comparable et une tension de vapeur égale à α pour 100 de la tension de vapeur de l'essence d'avion, donnera un fonctionnement, dans un moteur d'aviation, comparable à celui de l'essence d'avion au sol pour une altitude où la pression atmosphérique est α pour 100 de la pression au sol.

Ces considérations nous ont amené à envisager l'utilisation dans un moteur d'aviation d'un produit commercial d'origine pétrolifère, le White Spirit, produit particulièrement homogène, distillant entre 130° et 180°.

Après vérification de son emploi dans un moteur d'automobile, nous l'avons essayé au banc sur moteur d'aviation de 180 ch de série, sans modification du moteur et du carburateur. Après réglage, le moteur a été monté sur avion et l'ingénieur Ceccaldi a pu, dès son premier essai, effectuer un vol de 30 minutes, réalisant une montée à 3000^{m} avec bon fonctionnement à toute puissance et bons ralentis. Il a constaté que, conformément à la théorie ci-dessus, le nombre de tours qui, au sol, est inférieur à celui obtenu avec l'essence (1480 au lieu de 1530) était supérieur à 3000^{m} (1700 tours au lieu de 1650). Le départ a eu lieu à l'essence et l'atterrissage au White Spirit.

Or, un tel carburant présente l'intérêt fondamental de ne point émettre de vapeurs inflammables avant le voisinage de 30°. Il apporte donc un élément de sécurité considérable.

On peut se demander quelle est la limite de la proportion de produits lourds que peut contenir un tel carburant.

Nous considérons qu'à ce point de vue, les conditions théoriques sont celles établies par M. R. Ferrier qui, en 1921-1922, poursuivait, des recherches sur l'utilisation d'une essence de sécurité analogue à celle dont nous envisageons l'emploi, conditions qu'il nous a communiquées récemment, quand il a eu connaissance des essais que nous exécutions.

Ces conditions sont les suivantes :

1° Le liquide préalablement introduit avec l'air d'alimentation à l'état de brouillard stable doit posséder une tension de vapeur telle qu'en fin de compression adiabatique, compte tenu de l'élévation correspondante de la température, il soit intégralement transformé en vapeur.

2° Il convient de plus que ces vapeurs n'aient aucune tendance à se condenser en fin de compression sur les parois de la chambre de combustion; cette condensation a d'autant plus de chance de se produire que le volume final est plus faible, c'est-à-dire la compression élevée et le régime du moteur plus lent.

Il importe de signaler que les théories ci-dessus ne sont pas applicables uniquement aux carburants dérivés du pétrole, mais sont générales. Nous avons pu d'ailleurs vérifier qu'on obtenait sur voiture des résultats analogues avec le solvent-naphta, qui est un produit correspondant au White Spirit, dérivé de la houille, qui est en outre antidétonant.

Il semble logique de donner à tous les produits ayant des caractéristiques physiques analogues, seuls ou en mélange, le nom d'essence de sécurité proposé par M. Ferrier.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la constance de la vitesse de la lumière.* Note de M. **P. Salet**, présentée par M. B. Baillaud.

Nous avons donné [1] une méthode permettant de rechercher une influence possible du mouvement d'une source sur la vitesse de la lumière qu'elle émet et, appliquant cette méthode à l'étoile Algol, nous avons conclu que la vitesse de la lumière n'était pas altérée de plus de $\frac{1}{200}$ de celle de la source. M. La Rosa [2] a contesté notre conclusion parce que la distance d'Algol serait insuffisamment connue. Cette objection ne changerait rien à l'ordre de grandeur de notre résultat, ordre de grandeur qui importe seul et permet, en tout cas, de réfuter la théorie balistique de Ritz [3]. Pourtant, cette théorie ayant encore des partisans, nous sommes obligé de revenir sur la question.

Si la vitesse de la lumière est variable, l'intensité apparente doit être inversement proportionnelle à l'intervalle de temps x pendant lequel l'observateur reçoit l'énergie émise par la source dans un intervalle de temps fixe a. Si la lumière partie à la fin du temps a arrivait avant celle qui est partie au commencement, x serait négatif et il faudrait en prendre

---

(1) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 647.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1738.

(3) Nous avons pris comme parallaxe $0'',05$, Si l'on adoptait $0'',03$ ou $0'',07$ on trouverait $\frac{1}{330}$ ou $\frac{1}{140}$ au lieu de $\frac{1}{200}$.

la valeur absolue. Quand x change de signe, l'intensité augmente de plus en plus vite pour devenir très grande pendant un temps très court. Remarquons qu'il en résulte pour la variation de cette intensité en fonction du temps une allure incompatible avec les maxima de lumière des étoiles variables, ce qui suffirait à prouver que de pareils chevauchements ne se produisent jamais. Mais quoi qu'il en soit, en dehors de ces instants particuliers, l'intensité apparente I vaut

$$I = I_0 \frac{c}{c + Tk\gamma},$$

c étant la vitesse normale de la lumière, T le temps mis par un rayon pour venir de l'étoile, γ l'accélération de la vitesse radiale quand il en est parti, et k un facteur de proportionnalité qui vaudrait 1 si, comme le veut la théorie de Ritz, la vitesse de la source s'ajoutait tout entière à celle de la lumière.

Cette intensité est perçue à un moment qui est avancé, par suite de la différence de vitesse de la lumière, d'une quantité $k\frac{v}{c}T$, v étant la vitesse radiale au départ du rayon. Enfin, s'il pouvait y avoir chevauchement de rayons venant de différents points de l'orbite, il faudrait ajouter les différentes intensités qui sont perçues au même instant.

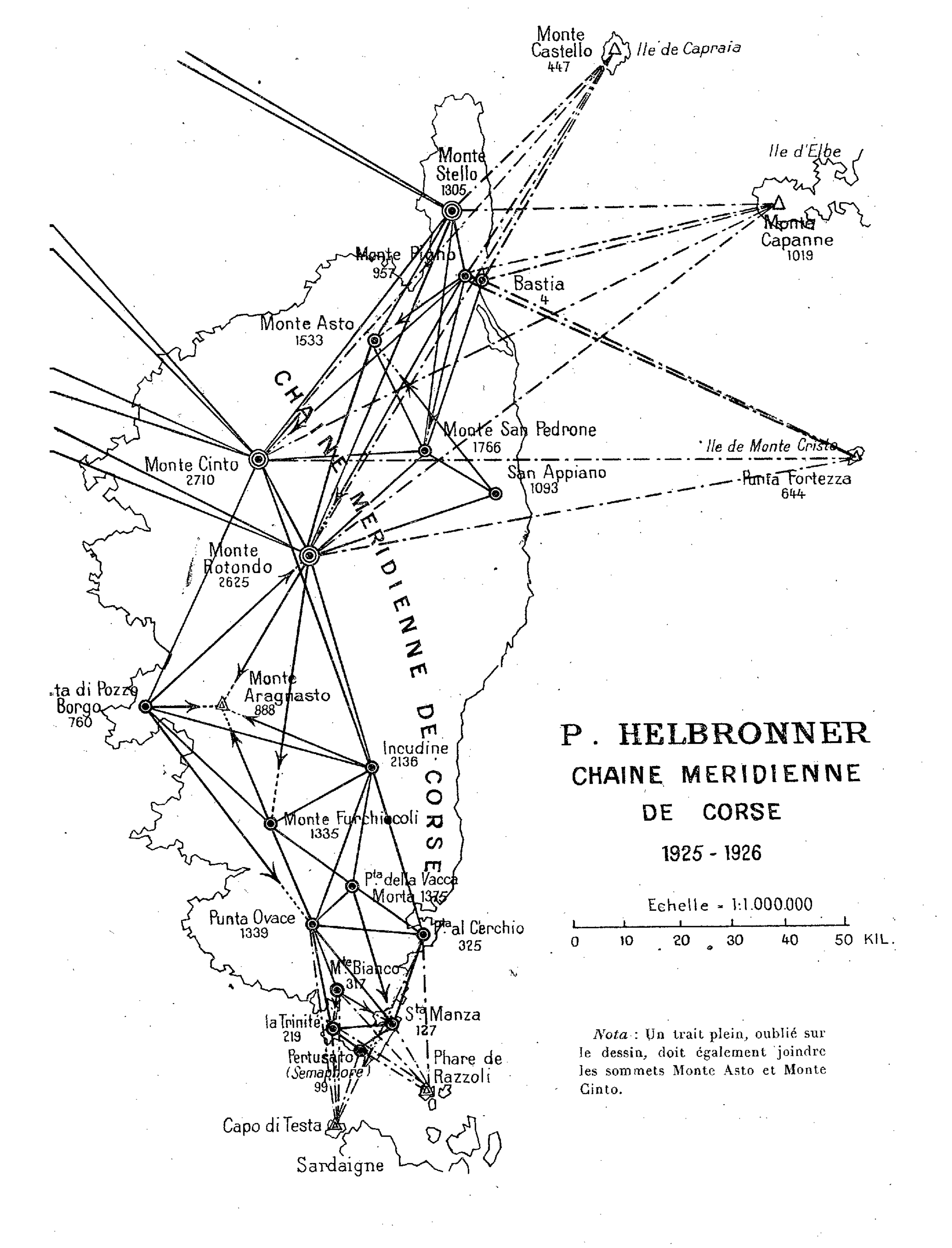
On peut donc calculer effectivement les changements d'intensité qu'une variation de vitesse de la lumière apporterait à l'éclat d'une étoile dont on connaît la variation de vitesse radiale et, approximativement, la distance. Notre méthode consiste à faire ce calcul pour les étoiles du type d'Algol qui ont une variation de vitesse radiale certaine sans changement d'intensité (en dehors des éclipses). On peut ainsi trouver une limite supérieure de l'effet que pourrait avoir le mouvement de translation d'une source sur la vitesse de la lumière.

GÉODÉSIE. — *Résultats des opérations de la Chaîne Méridienne de Corse et de la jonction de celle-ci avec les îles de l'Archipel toscan.* Note de M. **P. Helbronner**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Parmi les valeurs données dans ma Note du 6 décembre [1], résultant de la compensation des 9 équations de condition liant le polygone

---

[1] A la première ligne de la page 1091 et dans le titre du premier tableau de cette Note, remplacer : *Données* par *Valeurs* et, dans la désignation des colonnes, ajouter le mot : « compensés » à « Angles observés ».



P. HELBRONNER

CHAINE MERIDIENNE DE CORSE

1925 - 1926

Nota : Un trait plein, oublié sur le dessin, doit également joindre les sommets Monte Asto et Monte Cinto.

de jonction de la Corse, se trouvent celles des trois côtés situés dans l'intérieur de l'île : Cinto-Rotondo, de 20 398^{m},90; Cinto-Stello, de 59 748^{m},36 ; Stello-Rotondo, de 70 163^{m},97. Ils ont constitué les bases de départ de la Chaîne Méridienne que j'ai tendue à travers la Corse, jalonnée par dix-huit stations et décomposée pour les calculs de compensation, en sept polygones successifs dont 34 équations de condition ont lié les 63 angles observés.

Les comparaisons des résultats obtenus avec ceux des précédentes triangulations (celle de Tranchot à la fin du XVIIIe siècle, du Dépôt de la Guerre de 1863, et de Hatt de 1884-1890) ne se présentent pas nombreuses, par suite du peu de positions rigoureusement identifiables. Elles confirment néanmoins, relativement à la triangulation de 1863, les divergences considérables déjà rencontrées par Hatt et signalées par lui dans son *Exposé des opérations géodésiques exécutées de* 1884 *à* 1890 *sur les Côtes de Corse*. Par contre, lorsque j'ai pu retrouver les centres de cette dernière triangulation, j'ai constaté la remarquable concordance de ses valeurs angulaires avec les miennes, à défaut des valeurs linéaires de Hatt appuyées sur des bases discordantes ou insuffisamment précises. Il suffira de citer les angles compensés de mon triangle Cerchio-Santa Manza-Ovace :

$$86^{G}6235'',02 - 59^{G}8702'',71 - 53^{G}5064'',94$$

[Hatt : $86^{G}6238'',58 - 59^{G}8702'',78 - 53^{G}5061'',42$ (valeurs transformées en grades, données en degrés dans l'ouvrage cité, p. 26).]

Mais les confirmations de mes valeurs linéaires deviennent à leur tour possibles du fait de la jonction, — résultant des visées à nombreuses réitérations issues de mes stations de Corse, souvent à plus de 100^{km}, — avec les trois points culminants de l'archipel toscan, dont j'ai déterminé les positions par intersection, et, dont les erreurs probables des directions les fixant, calculées sur la formule $\sqrt{\frac{\Sigma\varepsilon^2}{2r}}$ se sont trouvées respectivement :

$$10'',96 \quad 8'',46 \quad 0'',75\,(3'',55 \quad 2'',74 \quad 0'',24).$$

J'ai pu alors calculer les longueurs comprises entre ces trois sommets. En admettant que les points culminants visés, — sur lesquels je n'ai pu fixer, toutefois, avec certitude aucun signal précis, — correspondent exactement aux centres géodésiques de la triangulation fondamentale italienne de 1879-1882, les coïncidences de ces longueurs s'établissent ainsi : Montecristo-Capraia 88 876^{m},44 (ital. = 88 874^{m},35 (¹), Montecristo-Elbe 49 528^{m},90

(¹) *R. Commissione geodetica italiana* (*Collegamento geodetico della Sardegna al Continente*. Firenze, 1903, p. 47).

(ital. $= 49527^m,48$); Elbe-Capraia $42302^m,29$ (ital. $= 42302^m,83$). Elles oscillent entre le $\frac{1}{30\,000}$ et le $\frac{1}{80\,000}$, c'est-à-dire à peu près comme celles que j'ai obtenues à plusieurs centaines de kilomètres au Nord, avec le réseau primordial suisse [1] et déjà avec le réseau primordial italien [2], le long de ma Chaîne Méridienne des Alpes françaises.

PHYSIQUE. — *Formes et déformations d'ondes aériennes.* Note [3] de M. **Th. Vautier.**

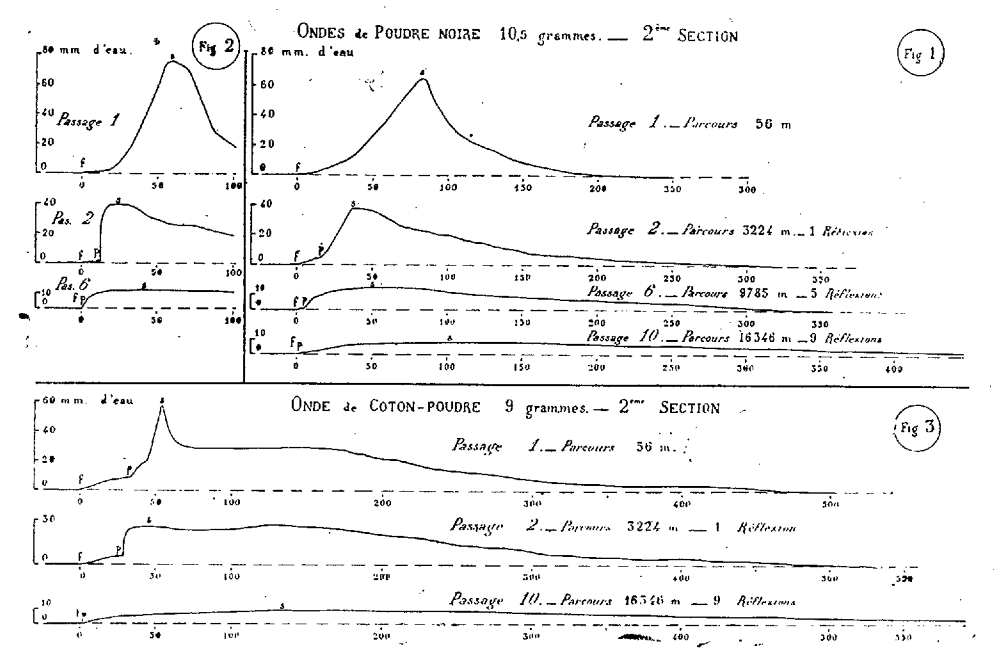
Nous avons exposé précédemment la méthode interférentielle que nous avons appliquée à l'inscription des ondes aériennes produites par divers explosifs à l'intérieur de la longue conduite du cours Gambetta [4]. Elle nous a permis d'obtenir les formes réelles des ondes près de leur départ, puis après des parcours déterminés : on peut se rendre compte ainsi des déformations de l'onde au cours de sa propagation et en mesurer les effets. La figure 1 donne les formes successives d'une onde produite par la combustion de $10^g,5$ de poudre noire brûlant à l'air libre dans la conduite, et inscrite à son premier passage, soit à 56^m de son point de départ; la pression maximum qu'elle produit à cette distance atteint 65^{mm} d'eau; elle s'établit par un raccordement courbe avec le milieu en repos, par conséquent sans offrir la discontinuité que nous avons signalée pour les ondes d'amorce et de pistolet; mais à mesure que l'onde franchit des trajets croissants, son front se redresse de plus en plus : ce redressement atteint son maximum lorsque l'onde a parcouru 3^{km} environ (*fig.* 1, passage 2), et arrive même parfois à prendre une valeur telle que l'onde présente une discontinuité (*fig.* 2, passage 2); puis, le parcours continuant à augmenter, le front s'abaisse vers la droite, le sommet rétrograde à l'intérieur de l'onde, la distance front-sommet augmente lentement et la forme de l'onde évolue finalement d'une manière analogue à celle des ondes discontinues dès leur début. Les discontinuités ainsi créées durent au maximum de 8 à 9 secondes. La formation de cette discontinuité rentre bien dans les prévisions de la théorie de Riemann et Hugoniot : nous ne pouvons en constater l'existence

---

(1) *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, **1**, p. 489 et suiv.
(2) *Loc. cit.*, **1**, p. 487; **8**, p. 624-625.
(3) Séance du 6 décembre 1926.
(4) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 256.

que si elle se présente à l'un des passages; elle peut en effet se former puis disparaître entre deux passages consécutifs.

Nous devons encore signaler un point singulier p dont l'existence se manifeste toujours d'une manière plus ou moins accentuée dans les ondes fusantes au voisinage de l'origine, lors du deuxième passage (*fig.* 1 et 2); il est visible sur les ondes de poudre ayant parcouru 2^km environ; il a une vitesse propre en vertu de laquelle il se rapproche de l'origine du front avec laquelle il se confond après des parcours très variables (*fig.* 1, pass. 10; *fig.* 2, pass. 6).



L'effet acoustique de ces ondes traduit ces variations; le bruit fusant de la charge au départ se transforme vers 3^km en une explosion pareille à celle d'une amorce au départ, puis s'atténue en donnant la même perception acoustique que celle des passages des ondes qui sont brisantes dès leur début. Nous avions observé cet effet à Argenteuil dans la grande conduite de 3^m de diamètre avec de la poudre éclair des photographes après un parcours d'un peu moins de 6^km.

Coton-poudre. — Nous donnons (*fig.* 3) un spécimen d'une onde de 9^g enregistrée aux mêmes points que les ondes de poudre (*fig.* 1 et 2). Signalons les différences suivantes : 1° le sommet plus aigu, plus près du front au départ, s'en rapproche très peu puis s'en écarte progressivement

(tableau ci-dessous); 2° un long palier dénotant le maintien d'une pression momentanément constante avant la décroissance finale; 3° le point p existe déjà à 56^m du départ même aux faibles charges de 3^g; il se rapproche du front et finit par se confondre avec lui comme dans le cas des poudres; 4° à 56^m du départ l'étendue de l'onde est de 450 à 550 millièmes de seconde, celle des poudres ne dépasse pas 300.

Toutes ces différences s'effacent à mesure que l'onde se propage et après 7^{km} environ les formes d'ondes de poudre et coton-poudre sont analogues et le restent jusqu'au bout. Les conclusions de cette Note sont déduites d'expériences à fortes charges; les faibles charges donnent des résultats analogues mais moins accentués : la discontinuité n'y a jamais été constatée.

Distance front-sommet en millièmes de seconde.

Parcours de l'onde en mètres :	56.	3224.	6505.	9785.	13065.	16346.
Poudre noire 10^g,5.						
Expérience 1	85	36	32	60	73	127
» 2	84	36	31	58	84	100
» 3	61	22	16	40	»	»
» 4	62	32	26	36	95	119
Coton-poudre 9^g.						
Expérience 5	54	43	132	132	122	161
» 6	52	35	96	102	112	161
» 7	44	60	92	115	125	»
» 8	59	46	108	101	120	»

ÉLECTRONIQUE. — *Valeur du potentiel à l'intérieur d'un faisceau d'électrons en mouvement.* Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. H. Deslandres.

Plusieurs expérimentateurs ont employé, pour exciter la luminescence des gaz, l'impact d'électrons produits par un filament incandescent se déplaçant dans l'espace compris entre une grille et une plaque portées toutes deux au même potentiel par rapport au filament. Nous nous sommes proposé d'étudier ici la répartition des potentiels entre les électrodes en tenant compte de la charge spatiale. Le rôle de celle-ci, étudié par Thomson et Langmuir, est d'autant plus important que la vitesse des charges électriques est plus faible : il devient très notable pour les électrons qui, accélérés par

une différence de potentiel de quelques volts, excitent la résonance des gaz.

1° *Électrodes planes indéfinies.* — Un faisceau parallèle indéfini d'électrons dont l'intensité est I unités électrostatiques par centimètre carré de section droite traverse normalement une grille plane et se dirige vers une plaque parallèle à la grille et au même potentiel U_0 que celle-ci. Les électrons qui traversent les surfaces équipotentielles U_0 ont une vitesse V telle que l'on ait

$$\frac{1}{2}mV^2 = eU_0,$$

m étant la masse de l'électron et e sa charge. Nous supposerons que les surfaces équipotentielles sont des plans parallèles à la grille et à la plaque et que la distance de ces deux électrodes est égale à $2a$. La distribution des potentiels est donnée par l'équation de Poisson :

$$\frac{\partial^2 U}{dx^2} = 4\pi\delta = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{e}}\frac{I}{\sqrt{U}}.$$

L'intégration de l'équation montre :

a. Que le courant électronique par unité de section droite ne peut dépasser la valeur

$$I_m = \frac{2\sqrt{2}}{9\pi}\sqrt{\frac{e}{m}}\frac{U_0^{\frac{3}{2}}}{a^2} \text{ unités électrost.} \qquad \text{ou} \qquad I_m(\text{ampères}) = 4,63 \times 10^{-6}\frac{U^{\frac{3}{2}}(\text{volts})}{a^2(\text{cm})};$$

b. Que le potentiel présente un minimum U_m à égale distance de la grille et de la plaque définie par

$$U_m = U_0 \cos^2\frac{\omega + 2\pi}{3} \qquad \text{et} \qquad \omega = \arc\cos\left(\frac{9\pi}{2}\sqrt{\frac{2m}{e}}\frac{Ia^2}{U_0^{\frac{3}{2}}} - 1\right) \qquad (0 \leq \omega \leq \pi).$$

Pour

$$I = I_m, \qquad U_m = \frac{U_0}{4},$$

$$I = \frac{I_m}{2}, \qquad U_m = \frac{3U_0}{4},$$

$$I = \frac{I_m}{10}, \qquad U_m = 0,954\,U_0.$$

2° *Électrodes cylindriques coaxiales.* — La source, qui émet les électrons sans vitesse initiale, est située sur l'axe commun de deux cylindres. Le cylindre interne qui peut être traversé par les électrons (toile métallique) a un rayon r et est au potentiel U_0 par rapport à la source; il arrête tous les électrons qui traversent le cylindre interne et recueille ainsi par unité de

longueur un courant d'intensité I. L'équation de Poisson

$$\frac{d^2U}{d\rho^2}+\frac{1}{\rho}\frac{dU}{d\rho}=4\pi\delta=\frac{2I}{\rho\sqrt{\frac{2e}{m}U}}$$

peut être intégrée par approximations successives. La première approximation, qui consiste à poser dans le deuxième membre de l'équation $U=U_0$ (c'est-à-dire à admettre que la densité est en raison inverse de la distance à l'axe), suffit dans la plupart des cas réalisés pratiquement. On trouve alors que le potentiel présente, à une distance de l'axe égale à

$$\rho_1=\frac{r-R}{\text{Log}\frac{r}{R}},$$

un minimum dont la valeur est égale à

$$U_{min}=U_0+\sqrt{\frac{2m}{eU_0}}\frac{I}{\text{Log}\frac{r}{R}}\left[r(1+\text{Log}R)-R(1+\text{Log}r)+(R-r)\text{Log}\left(\frac{r-R}{\text{Log}\frac{r}{R}}\right)\right].$$

Pour une valeur donnée de I et de U_0, le minimum est d'autant plus prononcé que la distance des électrodes est plus grande. Même pour un appareil de dimensions exiguës, il est déjà appréciable. Pour une triode ordinaire de T. S. F. où $r=0^{cm},2$, $R=0^{cm},5$, on trouve que, si $U_0=5$ volts (tension de résonance du Hg) et $I=8\times10^{-4}$ ampère : cm, le minimum du potentiel dans l'espace grille-plaque est $U_m=U_0(1-0,075)$. Si l'on emploie l'un des deux dispositifs décrits ci-dessus à la détermination des potentiels de *résonance* d'un gaz, on pourra constater, ainsi que l'a fait Eldridge [1], que, lorsqu'on accroît progressivement la vitesse des électrons excitateurs, la luminescence se montre d'abord au voisinage des électrodes limitant l'espace grille-plaque.

Il semble donc que la méthode de détermination des potentiels de résonance par choc électronique doive être employée avec une certaine circonspection et après s'être assuré, qu'avec la disposition d'électrodes employée, le courant électronique est suffisamment faible pour que la constance du potentiel aux différents points du gaz soumis à l'observation soit pratiquement assurée.

---

(1) *Physical Review*, 23, 1924, p. 687.

PHYSIQUE. — *Sur la tension superficielle des liquides isolants soumis au champ électrique.* Note de MM. **G. Bruhat** et **M. Pauthenier**, présentée par M. A. Cotton.

Un grand nombre d'expérimentateurs [1] ont recherché si la tension superficielle A des liquides isolants soumis à un champ électrique E est modifiée; récemment encore [2] la question a été reprise. La conclusion des meilleurs travaux est que la tension superficielle n'est pas modifiée, ou du moins que la modification relative de A, si elle existe, est inférieure à $\frac{1}{300}$ ou $\frac{1}{400}$ dans les champs les plus élevés que permette le dispositif expérimental.

On peut montrer par un calcul thermodynamique que la tension superficielle A est indépendante du champ E.

I. Étudions le cas de l'ascension d'un diélectrique liquide entre deux lames conductrices verticales séparées par l'intervalle a (*fig.* 1). Soient D

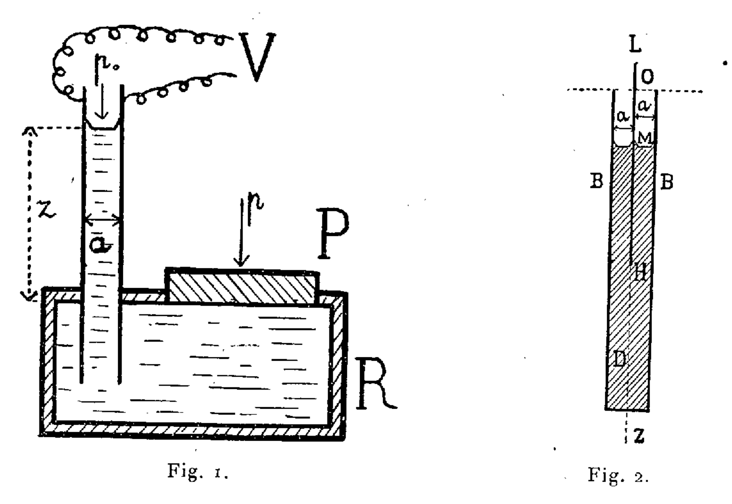


Fig. 1. Fig. 2.

le poids spécifique du liquide, k sa susceptibilité diélectrique. Si sa surface est libre en dehors des armatures, le liquide, lorsqu'on établit un champ E

(1) Herwig, *Pogg. Annalen*, **159**, 1876, p. 489; *Wied. Annalen*, **1**, 1877, p. 73. — Smith, *Proceedings Roy. Soc. Edinburgh*, **17**, 1890, p. 115. — Nichols et Clarck, *Physical Review*, **6**, 1898, p. 375. — Barnett, *Physical Review*, **6**, 1898, p. 357. — Lord Rayleigh, *Scientific Papers.* — Fortin, *Comptes rendus*, **140**, 1905, p. 576. — Abonnenc, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1031.

(2) Vecchietti, *Thèse de Doctorat d'Université*, Lille, 1926.

entre elles, monte d'une hauteur h donnée par la formule classique

$$hD = \int_0^E kE\,dE + \frac{2A}{a}, \tag{1}$$

formule dans laquelle nous supposons k et A fonctions de E.

Considérons maintenant (*fig.* 1) le même condensateur plongeant dans un diélectrique enfermé dans le récipient R pourvu d'un piston à large surface P. Désignons par p_0 la pression atmosphérique, par z la hauteur d'ascension correspondant à la pression p : nous prendrons comme variables indépendantes z et E. On a évidemment

$$p - p_0 = D(z - h). \tag{2}$$

Dérivons par rapport à E en tenant compte de la relation (1),

$$\frac{\partial p}{\partial E} = -D\frac{dh}{dE} = -kE - \frac{2}{a}\frac{dA}{dE}. \tag{3}$$

Évaluons les travaux pour un élément du condensateur ayant une section horizontale de 1^{cm^2}, c'est-à-dire une longueur $\frac{1}{a}$; soient m sa charge, V la différence de potentiel des armatures. On peut fournir du travail au système soit en agissant sur le piston P, soit en faisant varier le potentiel V ; lorsque le liquide monte de dz entre les armatures et que la charge augmente de dm, l'énergie utilisable du système s'accroît de

$$dW = V\,dm + (p - p_0)\,dz.$$

Considérons la fonction potentielle $\Phi = W - mV$ et écrivons que sa différentielle

$$d\Phi = d(W - mV) = (p - p_0)\,dz - ma\,dE$$

est une différentielle totale exacte,

$$\frac{\partial p}{\partial E} = -a\frac{\partial m}{\partial z} = -kE. \tag{4}$$

De la comparaison des équations (3) et (5) résulte immédiatement la relation cherchée

$$\frac{dA}{dE} = 0.$$

II. La démonstration est plus rapide en considérant le système S représenté par la figure 2 : une lame conductrice plane L, infiniment mince, ne

subissant par conséquent pas la poussée d'Archimède, assez large pour que les perturbations des bords verticaux puissent être négligées, est équidistante des deux parois conductrices B d'une cuve en partie remplie par le diélectrique D. Nous pouvons toujours supposer la lame assez longue et le diélectrique assez profond pour que le fond et les bords de la cuve B soient sans action sur les extrémités de la lame L.

Dans ces conditions, les forces électriques et les variations de capacité sont les mêmes que pour un système S' où le diélectrique serait indéfini; la différence des forces extérieures qu'il faut appliquer à la lame pour la maintenir en équilibre dans les deux cas est égale, par unité de longueur, à la tension superficielle A. Si l'on forme les différentielles dW et dW' relatives aux deux systèmes S et S', leur différence, qui doit aussi être une différentielle exacte, se réduit à $A\,dz$: on voit ainsi que A ne saurait dépendre de E.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le mécanisme de l'interrupteur électrolytique.* Note de M. **G. Colange**, présentée par M. G. Charpy.

Les interrupteurs électrolytiques connus jusqu'ici se ramènent à deux types; l'interrupteur Wehnelt où l'étincelle jaillit entre une anode métallique et le liquide environnant, puis l'interrupteur Simons où le voltamètre est divisé en deux parties par une cloison mince percée d'un trou étroit où se produit le phénomène.

On peut également obtenir des interruptions en procédant de la manière suivante.

Dans un tube en U dont la partie horizontale présente une assez grande longueur (15 à 20^{cm}) et dont le diamètre est de 5^{mm}, on fait l'électrolyse d'une solution d'acide sulfurique étendu.

Au début l'opération se passe normalement, puis le liquide s'échauffe et, au moment de l'ébullition, il se forme une bulle très allongée qui occupe complètement la section du tube. Au bout de quelques instants la bulle diminue brusquement de longueur et se décolle partiellement du bas du tube en ne le touchant plus que suivant une ligne normale aux génératrices. La bulle prend alors un état d'équilibre qu'elle peut garder plusieurs heures.

Le liquide se trouve de ce fait divisé en deux parties complètement séparées par la bulle; en haut de la section du tube elles sont distantes de quelques millimètres, en bas seulement de quelques centièmes de millimètre.

A cet endroit, sur toute la longueur de la ligne de séparation, jaillissent de petites étincelles très nombreuses qui permettent au courant moyen de garder une valeur à peu près constante (environ 10 milliampères pour une différence de potentiel de 110 volts).

Une augmentation de tension rend les étincelles plus fortes, et vers 300 ou 400 volts elles forment une ligne lumineuse continue qui réunit les deux nappes liquides par leur partie inférieure. Pour des tensions de cet ordre, la bulle, qui a alors une forme assez allongée, touche parfois le bas du tube suivant deux lignes bien distinctes et divise ainsi le liquide en trois parties.

Si l'on augmente encore la tension (vers 700 ou 800 volts), un phénomène nouveau apparaît et vient se superposer à celui qui vient d'être décrit.

Au bout de quelques minutes, en effet, une étincelle plus violente se produit, et en même temps le volume de la bulle se réduit brusquement. Il recommence ensuite à augmenter jusqu'à ce qu'une nouvelle étincelle produise une diminution rapide, et ainsi de suite.

Ces explosions sont de plus en plus fréquentes à mesure que le voltage augmente.

Ceci peut s'expliquer partiellement si l'on fait les remarques suivantes.

Dans le premier cas, la bulle contient un mélange de vapeur d'eau et de gaz. La proportion de gaz dans le volume total augmente d'ailleurs avec le temps. En effet, si l'on interrompt l'expérience au bout de quelques minutes, le volume de la bulle diminue considérablement en se refroidissant. Si l'on attend une journée pour couper le courant, après refroidissement la bulle garde un volume beaucoup plus grand que précédemment. D'autre part, le gaz contenu dans la bulle se compose d'hydrogène sans quantité appréciable d'oxygène, car on n'a pu obtenir aucune diminution de volume, soit par de puissantes étincelles condensées, soit par le pyrogallate de potasse.

Pour des tensions élevées, la proportion de gaz dans la bulle augmente rapidement ainsi qu'on a pu le constater par des mesures après refroidissement. De plus, l'oxygène apparaît, et sa proportion dans le mélange $H + O$ croît également avec la tension, ce qui permet les explosions périodiques indiquées plus haut.

On a donc un appareil qui, pour des tensions inférieures à 600 ou 700 volts, donne des interruptions en ne consommant qu'un courant très faible. Pour des tensions plus élevées, en outre de ces interruptions, on a un autre phénomène qui semble être de même nature que le phénomène de Wehnelt, tout en étant beaucoup plus lent, ce qui permettra de l'observer plus facilement.

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — *Sur un type nouveau de télescope photographique.* Note de M. **A. Couder**, présentée par M. Cotton.

L'instrument dont les caractéristiques principales sont indiquées ici est destiné à la photographie des objets célestes étendus et faiblement lumineux. Le problème posé était la recherche d'une combinaison optique qui, bien que douée d'une ouverture relative considérable : un tiers, couvrît un champ de 3 degrés de diamètre avec une netteté supérieure à la seconde d'arc.

1. Diverses considérations, les unes théoriques, les autres d'ordre économique, imposent le choix d'un instrument à réflexion; mais le télescope classique, à miroir parabolique, est bien loin de fournir une solution acceptable. Dans son plan focal, les images des étoiles se présentent sous la forme d'aigrettes dont la longueur (du moins sa partie principale) est proportionnelle à l'inclinaison du faisceau incident sur l'axe optique. Avec l'ouverture spécifiée, cette aigrette aurait une longueur de 136″ à 1°,5 du centre du champ.

2. Schwarzschild a montré qu'en associant deux miroirs dont les courbes méridiennes sont convenablement choisies, on peut, tout en conservant le stigmatisme sur l'axe, améliorer considérablement les images extra-axiales : les taches d'aberration sont alors elliptiques et leur grandeur est du second ordre de petitesse par rapport à l'inclinaison du faisceau incident sur l'axe; la *coma* est supprimée, le système est aplanétique et les seules aberrations qui subsistent sont l'*astigmatisme* et la *courbure de champ*. En conclusion de son étude, Schwarzschild a préconisé un type de télescope photographique qui, à 1°,5 de l'axe, fournit sur une plaque plane des images sensiblement circulaires de 18″ de diamètre.

3. Il est possible de mieux faire. Si l'on considère l'expression du coefficient d'astigmatisme d'une telle combinaison, on voit qu'il s'annule, dans tous les cas, lorsque la distance des deux miroirs est égale au double de la longueur focale équivalente du système. Lorsque cette nouvelle condition est satisfaite, on obtient en dehors de l'axe des images stigmatiques (aux aberrations du cinquième ordre près), dont le lieu est une certaine sphère.

J'ai examiné plusieurs modèles de télescopes aplanétiques présentant cette particularité; celui qui m'a paru le plus avantageux a les caractéristiques suivantes. Si l'on prend comme unité de longueur la distance focale équivalente du système, le grand miroir (concave) a un diamètre de 1:3 et un

rayon de courbure égal à 6,5. Le petit miroir (concave) a pour diamètre 0,163 et pour rayon de courbure 1,111. Il est placé à la distance 2 du premier : l'encombrement de l'instrument surpasse donc peu 6 diamètres. La plaque photographique est située entre les miroirs à la distance 0,385 du second. La surface focale est convexe vers les rayons incidents ; sa courbure P est 2,1. Les équations suivantes représentent respectivement les méridiennes du grand et du petit miroir rapportées à leur axe (y) et à une tangente à leur sommet (x) :

$$y_1 = 0,07692306\, x_1^2 - 0,006009\, x_1^4 - 0,00225\, x_1^6 - \ldots,$$
$$y_2 = 0,4499998\, x_2^2 + 0,040625\, x_2^4 + \ldots.$$

4. Le champ est courbe. On peut cependant utiliser l'instrument tel quel en exposant à son foyer une pellicule photographique de celluloïd tendue sur une surface d'appui légèrement convexe. Si l'on préfère employer les plaques ordinaires planes, un dispositif auxiliaire qui corrige la courbure de champ est nécessaire. Le plus simple consiste en une lentille d'indice n et de puissance $\varphi = nP$, placée en avant de la surface sensible et *presque à son contact*. La lentille qui convient ici est convergente, faible et mince ; elle n'introduit que des aberrations insignifiantes.

5. J'ai étudié trigonométriquement les aberrations résiduelles du télescope ainsi constitué. Au bord du champ de 3° de diamètre, l'image d'une étoile est une petite tache qui s'étend radialement sur une longueur de 0",7. On doit compter que, dans beaucoup de cas, les phénomènes de réfraction atmosphérique différentielle ne permettront pas d'utiliser entièrement cette finesse d'image.

RADIOACTIVITÉ. — *De l'influence de la nature du support sur le dégagement du radon.* Note (1) de M. G. **Vaugeois**, présentée par M. d'Arsonval.

Les travaux de P. Curie, de Mme Curie, ainsi que les recherches de Rutherford, Soddy et autres physiciens, ont établi que le dégagement de l'émanation provenant d'un composé de radium se fait plus difficilement à l'état solide qu'à l'état dissous.

Il ressort d'autre part des expériences de M. Herschfinkel que la nature des matières au sein desquelles se forme l'émanation influe sur la facilité plus ou moins grande avec laquelle cette émanation se dégage.

(1) Séance du 6 décembre 1926.

Poursuivant les essais dans cette voie, en vue d'applications thérapeutiques, j'ai été amené à employer des sels radifères insolubles humidifiés par de l'eau glycérinée qui dissout peu l'émanation (Soddy), et qui maintient le produit à l'état d'hydratation requise.

J'ai préparé également des solutions radifères glycérinées immobilisées par des matières poreuses inertes : charbon pur, quartz, silice, etc.

Certains de ces composés libèrent, aux environs de 20° C., plus de 50 pour 100 de l'émanation accumulée.

Les essais ont été poursuivis pendant un an : chaque jour l'émanation dégagée était enlevée du tube contenant le sel radifère; et, au bout de ce laps de temps, les tubes libéraient toujours sensiblement la même quantité de radon.

Accumulation de l'émanation. — Le sel radifère humidifié (baryum, fer, chrome, manganèse, etc.), ou la solution radifère glycérinée immobilisée par une matière inerte contenant un poids connu de radium-élément par gramme de composé, remplit une petite nacelle en verre qui est introduite dans un tube métallique, d'une capacité de 27^{cm^3}, portant à chacune de ses extrémités un robinet à rodage étanche. (Le mélange n'est utilisé qu'un mois après sa préparation pour qu'il parvienne à son état d'équilibre radioactif).

Avant de procéder au dosage, on vide le tube de son émanation en le balayant par un violent courant d'air filtré. On referme les robinets, et on laisse l'émanation s'accumuler pendant 24 heures, puis on procède à la mesure.

La même opération est répétée journellement pendant 10 jours, et l'on prend la moyenne des dosages relevés.

Dosage de l'émanation. — L'émanation est mesurée dans un condensateur à gaz, d'une capacité de 2^l, muni d'un robinet, et portant une électrode centrale isolée qui peut être mise en communication avec un électroscope de Danne.

Le vide étant fait dans le condensateur à gaz, on relie celui-ci à un des robinets du tube métallique au moyen d'un tube court en caoutchouc épais. On ouvre le robinet du condensateur à gaz et celui branché sur le tube en caoutchouc. L'air chargé d'émanation, contenu dans le tube métallique, est aspiré dans le condensateur. On ferme alors le robinet du condensateur et l'on ouvre le robinet de l'extrémité opposée communiquant avec l'air. Quand la pression atmosphérique est rétablie dans le tube, on ferme le robinet communiquant avec l'atmosphère et l'on ouvre celui du condensa-

teur. Cette manœuvre est répétée quatre fois. A ce moment on rétablit la pression atmosphérique dans le condensateur en faisant passer assez rapidement le courant d'air pour enlever les dernières traces d'émanation contenue dans le tube à robinets. On ferme le robinet du condensateur à gaz, et, au bout de 3 heures et demie environ, l'état d'équilibre étant obtenu, on procède au dosage de l'émanation.

Le tableau ci-dessous indique la quantité d'émanation libérée par 24 heures, par rapport à l'émanation accumulée, avec différents sels essayés :

	Pour 100.
Hydrate de manganèse radifère	9,4
Carbonate de baryum radifère	22
Chromate de fer radifère	55
Hydrate de fer radifère	44,5
Solution radifère immobilisée par du charbon pur	58

J'ai utilisé les mélanges que je viens d'indiquer pour réaliser des appareils capables de radioactiver pratiquement les liquides ou les gaz, en vue d'applications thérapeutiques.

PHOTOCHIMIE. — *Inversion photographique par la chaleur.* Note de M. **Henri Belliot**, présentée par M. Jean Perrin.

S. Allen a signalé (1) d'après Baekeland qu'on pouvait faire disparaître partiellement l'image latente photographique en maintenant la plaque impressionnée pendant un temps suffisant à une température convenable (3 jours vers 50°). Je me suis proposé de répéter pour ce mode d'inversion un certain nombre des expériences que j'ai réalisées avec les radiations rouges et infrarouges (2).

Deux plaques identiques (plaques Lumière, étiquette violette) sont exposées en même temps à la même source de lumière, une partie de chacune d'elles étant protégée par un cache noir. L'une de ces plaques, enfermée dans une boîte métallique opaque, est ensuite portée dans une étuve et maintenue à une température aussi constante que possible pendant un temps déterminé.

Après retour de la plaque chauffée à la température ordinaire, les deux plaques sont impressionnées à nouveau pendant le même temps, suivant une portion de leur surface qui chevauche sur les deux régions précédemment définies. Puis les deux plaques sont développées en même temps, dans le même bain, fixées, lavées et séchées.

(1) *Photoelectricity*, p. 209.
(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1609.

Enfin, on mesure au photomètre les densités des quatre régions des deux plaques, qui ont été déterminées par les deux expositions à la lumière.

On a obtenu de bons résultats dans cette expérience en chauffant la plaque vers 95-100° pendant 8 heures. Pour éviter le ramollissement de la gélatine, il est prudent de chauffer en présence d'anhydride phosphorique qui absorbe au fur et à mesure la vapeur d'eau abandonnée par la plaque.

Les densités obtenues ont été les suivantes :

	Plaque chauffée.	Plaque témoin.
Région non impressionnée	0,34	0,15
Première impression seule	0,39	1,44
Seconde impression seule	1,73	1,56
Les deux impressions	1,33	1,66

Ces nombres permettent de constater :

1° Que la densité de la région impressionnée préalablement est abaissée (de 1,44 à 0,39) sous l'action de la chaleur;

2° Qu'en même temps la densité de la région non exposée à la lumière est augmentée (0,15 à 0,34);

3° Que la région où la première impression a été partiellement détruite est redevenue sensible (la densité abaissée de 1,44 à 0,39 a été ramenée à 1,33);

4° Que la sensibilité ainsi restituée est moindre que la sensibilité primitive, puisque, sur la plaque chauffée, la seconde impression seule donne une densité supérieure à celle qui résulte des deux impressions successives (1,73 au lieu de 1,33).

Ces résultats sont en tous points semblables à ceux que donnent les radiations rouges et infrarouges. Comme ces radiations, une élévation de température détruit partiellement l'image latente photographique, en restituant partiellement au sel d'argent sa sensibilité, mais elle sensibilise une plaque qui n'a pas été exposée à la lumière. Toutefois, en ce qui concerne cette dernière propriété, il conviendrait de faire la part d'une altération probable de la gélatine.

Il est naturel de penser que cette action est fonction de la température et de la durée du traitement. Voici par exemple des résultats obtenus avec une plaque chauffée vers 140° pendant une heure :

	Plaque chauffée.	Plaque témoin.
Région impressionnée	1,35	2,76
Région non impressionnée	0,87	0,15

On voit qu'en élevant la température, une durée de chauffe beaucoup moindre suffit pour réaliser un voile et une inversion notables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination des courbes d'ébullition et de rosée des mélanges d'acide iodhydrique et d'eau sous la pression de* 746^{mm} *de mercure.* Note [1] de MM. **E. Carrière** et **Ducasse**, présentée par M. Ch. Moureu.

La détermination des courbes d'ébullition et de rosée des mélanges d'acide azotique et d'eau a été faite par M. Pascal (*Comptes rendus*, 165, 1917, p. 589); celle relative aux mélanges d'acide bromhydrique et d'eau sous la pression de 760^{mm} a été établie par MM. E. Carrière et Cerveau (*Comptes rendus*, 177, 1923, p. 46) et celle relative aux mélanges d'acide chlorhydrique et d'eau sous la pression de 760^{mm} a été établie par MM. E. Carrière et Arnaud (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1265). Il ne semble pas qu'une étude analogue ait été réalisée pour les mélanges d'acide iodhydrique et d'eau.

Topsoë a seulement fait connaître la composition HI pour 100 = 57,75 du mélange bouillant à la température d'ébullition maximum de 127° sous la pression de 760^{mm} de mercure (*Beritchte*, 3, 1870, p. 402). Roscoë donne HI pour 100 = 57 comme composition du mélange à température d'ébullition maximum sous la pression de 760^{mm} de mercure (*Journal of the Chemical Society*, 13, 1861, p. 146).

L'acide iodhydrique utilisé par nous est préalablement purifié par distillation fractionnée; on élimine la fraction de tête pouvant contenir un peu d'acide chlorhydrique et d'acide bromhydrique. L'acide purifié est partagé en deux parties : la première est distillée sur de l'iodure de calcium desséché; la seconde sert à condenser les vapeurs d'acide iodhydrique qui se dégagent de la première. C'est cette seconde portion obtenue à une concentration de 70 pour 100 en acide iodhydrique qui constitue l'échantillon d'acide iodhydrique ayant servi à nos déterminations.

La détermination des points de la courbe d'ébullition a été effectuée par dosage préalable des mélanges d'acide et d'eau soumis à l'ébullition et par détermination de la température d'ébullition commençante, le thermomètre plongeant dans le liquide.

Nous distinguerons deux cas pour la détermination des points de la courbe de rosée :

1° Le mélange d'acide iodhydrique et d'eau à distiller renferme plus

---

(1) Séance du 29 novembre 1926.

de 56,7 pour 100 d'acide iodhydrique; cette teneur étant celle du mélange bouillant à température maximum. La vapeur très riche en acide iodhydrique est condensée dans un volume donné de soude titrée. La vapeur acide absorbée est déterminée par pesée exacte. Le titre de l'acide est connu par dosage de la soude en excès.

2° Le mélange d'acide iodhydrique et d'eau soumis à l'ébullition renferme moins de 56,7 pour 100 d'acide iodhydrique. Les vapeurs sont condensées par un réfrigérant; le distillat correspondant à l'ébullition commençante est analysé.

Dans les deux cas, la température est déterminée en plaçant le réservoir du thermomètre à la hauteur de la tubulure latérale du ballon de Würtz employé. Le distillat est de l'ordre du gramme, la masse en ébullition de l'ordre du kilogramme.

Les résultats obtenus figurent dans les tableaux suivants :

TABLEAU I RELATIF A LA COURBE D'ÉBULLITION.

Températures d'ébullition...	86.	100.	108.	112.	118.	123.	124.	126,5.	126.	125,8.
Composition en HI pour 100 du mélange en ébullition.	64,9	64	61,1	60	59,4	58	56,8	56,7	55,5	54,9
Températures d'ébullition...	125,2.	124.	123,2.	118.	116.	111.	109.	107.	105.	102.
Composition en HI pour 100 du mélange en ébullition..	54	52,75	52,5	50	48	42,7	39	33,6	27,3	15,1

TABLEAU II RELATIF A LA COURBE DE ROSÉE.

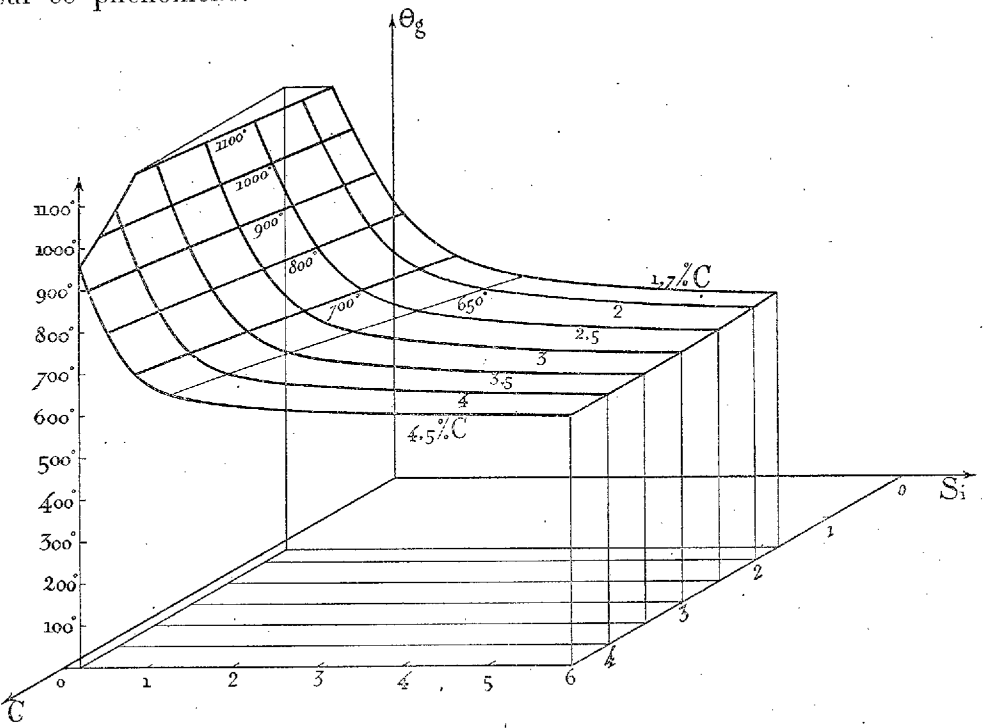
Températures d'ébullition...	60.	62.	75.	84.	95.	121.	122.	126,5.	126.	125,5.
Composition en HI pour 100 du distillat..............	98,8	98,5	96	93	90	70	69,8	56,7	55	51,7
Températures d'ébullition...	123,2.	122.	120.	105.	101,5.	101.	100,25.	100,1.	100.	
Composition en HI pour 100 du distillat..............	23	15	5	1,5	0,5	0,3	0,2	0,1	0,03	

En construisant les courbes d'ébullition et de rosée, on constate qu'elles sont bien tangentes pour la température maximum conformément à la règle de Gibbs-Konovaloff.

L'acide iodhydrique mis en ébullition, comme le distillat, contenait des traces d'iode correspondant à quelques dixièmes pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du carbone et du silicium sur la graphitisation des fontes blanches.* Note (¹) de MM. **Pierre Chevenard** et **Albert Portevin**, présentée par M. Henri Le Chatelier.

Nous avons montré (²) comment l'étude dilatométrique permettait de déterminer avec précision la température de graphitisation spontanée lors de l'échauffement de la cémentite, c'est-à-dire des fontes blanches, et nous avions signalé à l'appui quelques résultats relatifs à l'influence du silicium sur ce phénomène.



Parmi les autres facteurs agissant sur la graphitisation, le carbone est un des plus importants. Nous avons donc procédé à l'étude systématique de l'effet du carbone et du silicium sur la température de graphitisation

(¹) Séance du 6 décembre 1926.

(²) P. Chevenard et A. Portevin, *Résultats obtenus par l'étude dilatométrique des fontes* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1492).

spontanée θg, et les résultats de cette étude se trouvent complètement résumés par le diagramme à 3 dimensions de la figure 1 représentant θg en fonction de C pour 100 et de Si pour 100 [1].

Les alliages étudiés étaient des fontes pures (Mn $<$ 0,10 pour 100; S $<$ 0,010 pour 100; P $<$ 0,015 pour 100) coulées à partir de 1400° dans une lingotière non chauffée sous forme de baguettes de 4^{mm},5 de diamètre; la teneur en carbone s'étend de 1,7 pour 100 C, limite inférieure des alliages contenant l'eutectique du système Fe — Fe^3C, à 4,5 pour 100 C, concentration approximative de l'eutectique du système Fe — Fe^3C; la proportion de Si varie de 0,2 à 6 pour 100 Si. Ce diagramme embrasse donc non seulement la totalité des fontes moulées industrielles, mais l'ensemble des produits hypoeutectiques dans le système à carbure de fer. Dans ce domaine de composition, la surface (θg, C, Si) est figurée par deux groupes de lignes :

1° Les unes expriment l'influence du silicium pour des teneurs en carbone total constantes 1,7, 2, 2,5, ..., 4,5 pour 100. Elles ont approximativement l'allure hyperbolique, de sorte qu'au delà d'une certaine teneur en silicium, de 2,5 à 3,5 pour 100, la température de graphitisation spontanée varie peu et peut être regardée, en première approximation, comme constante aux environs de 600°.

2° Les autres sont les isothermes de graphitisation échelonnées de 650 à 1100°. Elles sont approximativement rectilignes, allure qui traduit, d'une manière quantitative, le résultat connu : les effets du silicium et du carbone s'ajoutent pour favoriser la graphitisation, mais l'action du carbone n'est marquée que pour les basses teneurs en silicium ($<$ 2 pour 100).

En dehors de ces deux facteurs principaux de graphitisation, d'autres peuvent agir, notamment l'histoire thermique antérieure, les teneurs en manganèse ou en soufre, la composition de l'atmosphère gazeuse, la présence d'amorces de graphite; leur importance est mal définie et sujette à discussion; elle demande à être précisée. Nous poursuivons des recherches dans ce sens par procédé dilatométrique.

Mais en pratique le réglage de la graphitisation pour un traitement thermique donné s'opère en agissant sur le silicium suivant la teneur en carbone, d'où l'intérêt de ce diagramme.

---

(1) Nous avons adopté conventionnellement pour θg la température correspondant à une expansion linéaire de 0,5.10^{-3} mm due à la graphitisation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La loi d'hydrolyse du saccharose par les acides.* Note de M. **H. Colin** et M[lle] **A. Chaudun**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Il paraît bien établi désormais que les diverses particularités de l'hydrolyse du saccharose par les acides étendus, influence de la concentration du sucre ou du catalyseur, action des sels neutres, ne sauraient s'expliquer dans l'hypothèse d'une réaction faisant intervenir les seuls ions hydrogène; et l'on se trouve conduit à considérer les anions comme jouant, eux aussi, un rôle important dans l'inversion du sucre. On peut imaginer, par exemple, que la transformation du saccharose en sucre interverti s'effectue en deux phases : formation d'un complexe transitoire entre le saccharose et les éléments de l'eau, sous l'action des ions hydrogène, et décomposition de ce complexe, sous l'influence des anions, en glucose et lévulose.

Si la vitesse (V_1) de l'un des phénomènes est infiniment grande par rapport à celle (V_2) de l'autre, la vitesse résultante se confond avec V_2; tout se passe alors comme s'il s'agissait d'une simple réaction monomoléculaire due aux seuls ions hydrogène, la quantité $\frac{1}{t}\operatorname{Log}\frac{a}{a-x}$, rapport de la vitesse d'hydrolyse au poids de sucre cristallisable présent dans la liqueur, est indépendante du temps; c'est là ce qu'on répète depuis Wilhelmy. Si, au contraire, l'hydrolyse du saccharose par les acides est la résultante de deux réactions, d'ailleurs absolument quelconques, *mais dont aucune n'est instantanée*, le produit $\frac{1}{t}\operatorname{Log}\frac{a}{a-x}$ devra varier avec le temps.

Il valait la peine de soumettre une fois de plus la question au contrôle de l'expérience, d'autant que l'on possède désormais des instruments de précision qui permettent des mesures beaucoup plus exactes que par le passé.

Nous ne pouvons relater ici que deux séries d'observations.

$a = 10^{g}$ pour 100^{cm^3}; acide $\frac{N}{10}$; $T = 28°$ (1); Polarimètre Jobin et Yvon; $\lambda = 5461$.

(1) La dose d'acide, le degré de température, rendent négligeables les perturbations causées par la mutarotation.

I. — *Acide azotique.*

Temps (en heures).	x (en grammes).	$\frac{1}{t}\operatorname{Log}\frac{a}{a-x}$.	Temps (en heures).	x (en grammes).	$\frac{1}{t}\operatorname{Log}\frac{a}{a-x}$.
1.....	0,662	0,02975	14....	6,823	0,03557
2.....	1,312	0,03059	15....	7,093	0,03577
3.....	1,954	0,03144	16....	7,342	0,03596
4.....	2,588	0,03251	17....	7,563	0,03606
5.....	3,180	0,03318	18....	7,772	0,03622
6.....	3,689	0,03331	19....	7,972	0,03647
7.....	4,206	0,03386	20....	8,148	0,03661
8.....	4,675	0,03421	22....	8,450	0,03681
9.....	5,096	0,03438	24....	8,704	0,03697
10.....	5,500	0,03468	26....	8,941	0,03750
11.....	5,874	0,03495	28....	9,113	0,03757
12.....	6,214	0,03515	33....	9,481	0,03893
13.....	6,531	0,03536			

II. — *Acide oxalique.*

Temps (en heures).	x (en grammes).	$\frac{1}{t}\operatorname{Log}\frac{a}{a-x}$.	Temps (en heures).	x (en grammes).	$\frac{1}{t}\operatorname{Log}\frac{a}{a-x}$.
2.....	0,498	0,01108	16....	3,570	0,01198
4.....	0,984	0,01122	18....	3,934	0,01206
6.....	1,461	0,01145	21....	4,438	0,01213
8.....	1,930	0,01164	25....	4,955	0,01219
10.....	2,364	0,01171	28....	5,456	0,01223
12.....	2,784	0,01179	31....	5,853	0,01229
14.....	3,186	0,01190	35....	6,298	0,01233

De toute évidence, *la quantité* $\frac{1}{t}\operatorname{Log}\frac{a}{a-x}$ *croît avec le temps; le dédoublement du saccharose par les acides étendus n'est donc ni une simple réaction monomoléculaire, ni la résultante de deux réactions dont l'une serait instantanée.*

CHIMIE MINÉRALE. — *L'évolution du sulfure de fer au sein de l'eau.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Péan de Saint-Gilles a constaté que, du fait du séjour dans l'eau chaude, l'hydroxyde ferrique, qui dans ces conditions se déshydrate, subit encore une transformation de sa couleur et de ses propriétés chimiques. Nous avons, d'autre part, constaté en outre une transformation consécutive des

propriétés magnétiques. Puis, nous avons observé qu'on retrouve des phénomènes de ce genre chez d'autres hydroxydes paramagnétiques. Généralisant la terminologie de Péan de Saint-Gilles, nous avons appelé modifiés les hydroxydes traités à l'eau chaude, en dénommant ordinaires les hydroxydes préparés entièrement à froid ([1]).

Il importait de savoir si ces phénomènes sont particuliers aux hydroxydes, ou s'ils s'étendent encore à d'autres substances considérées comme non cristallines. A cette fin nous avons étudié, du point de vue magnétique, le sulfure ferreux qu'on précipite des sels ferriques et ferreux par le sulfure d'ammonium.

Afin d'éviter une oxydation qui se produit facilement à l'air, la précipitation avait lieu dans l'eau bouillie, ainsi que les lavages par décantation. La dessiccation avait lieu dans le vide, sur l'acide sulfurique. Le sulfure auquel on parvient reste suffisamment stable pour la durée des mesures magnétiques.

On considère d'une part les propriétés magnétiques du sulfure, et d'autre part celles de l'oxyde calciné correspondant, les coefficients d'aimantation étant, comme toujours, rapportés au poids de métal. On constate que cet oxyde, qui a la couleur de l'oxyde ferrique calciné ordinaire, en possède encore sensiblement les propriétés magnétiques. Que l'on parte donc de l'une ou de l'autre substance préparée à froid, hydroxyde ou sulfure, la calcination fournit toujours le même oxyde anhydre.

Le sulfure, préparé entièrement à froid et que nous nommerons ordinaire, est d'un magnétisme du même ordre que son oxyde calciné. Le sulfure ordinaire ne tarde pas à s'oxyder à l'air, et ce faisant, il prend précisément la couleur rouge brun de l'hydroxyde ordinaire.

Si nous imposons au sulfure encore en suspension un séjour prolongé dans l'eau chaude, la substance récupérée, que nous appellerons par analogie sulfure modifié, reste désormais stable à l'air, ne s'oxydant plus que lentement, et montrant ainsi une dépréciation de son activité chimique, absolument analogue à celle que Péan de Saint-Gilles avait signalée dans le cas de l'hydroxyde.

Le sulfure modifié est beaucoup plus magnétique que le sulfure ordinaire, à poids égal de fer. De sa calcination à l'air résulte un oxyde ayant la couleur rouge brique de l'oxyde modifié de Péan de Saint-

---

([1]) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 101 et 1304; **178**, 1924, p. 329 et 842; **180**, 1925, p. 211.

Gilles et qui est plus magnétique que l'oxyde ordinaire. Ainsi, à la suite d'un traitement à l'eau chaude, l'oxyde final est analogue, que l'on parte de l'hydroxyde ou du sulfure.

En redissolvant le sulfure modifié dans l'eau régale, et en reprenant avec la nouvelle solution la série des opérations, précipitation par le sulfure d'ammonium et traitement à l'eau chaude (cycle qui peut être recommencé plusieurs fois), on constate que les coefficients d'aimantation du sulfure et de l'oxyde calciné correspondant passent par un maximum, puis décroissent. Le sulfure donne donc lieu comme l'hydroxyde à des phénomènes de souvenir. Dans le cas présent, les évolutions paraissent, en général, plus marquées encore.

On aboutit à des résultats du même ordre, que l'on parte initialement soit d'un sel ferrique, soit d'un sel ferreux.

Ci-après les résultats de traitements correspondant à une douzaine d'heures de chauffage à diverses températures. Les coefficients d'aimantation, en valeur relative, sont rapportés à celui de l'oxyde ordinaire, pris pour unité.

COEFFICIENTS D'AIMANTATION EN VALEURS RELATIVES DES SUBSTANCES « MODIFIÉES ».

A partir d'un sel ferrique.

	A 120°.		A 150°.		A 180°.		A 210°.	
	Sulfure.	Oxyde.	Sulfure.	Oxyde.	Sulfure.	Oxyde.	Sulfure.	Oxyde.
Première opération.	107,2	2,4	25,7	16,0	88,0	6,3	11,4	38,6
Deuxième opération.	90,1	9,2	74,5	10,4	54,5	4,6	23,1	6,0
Troisième opération.	168,3	43,5	97,5	53.5	67,0	10,3	1,0	2,0
Quatrième opération.	398	318	35,5	22,3	1,6	1,5	1,3	4,9

A partir d'un sel ferreux.

	A 120°.		A 150°.		A 180°.		A 210°.	
	Sulfure.	Oxyde.	Sulfure.	Oxyde.	Sulfure.	Oxyde.	Sulfure.	Oxyde.
Première opération.	41,5	28,0	16,6	1,1	19,3	3,5	209	187
Deuxième opération.	35,6	3,4	61,2	19,0	337	13,6	49,7	8,6
Troisième opération.	317	9,9	121,6	132,7	208	38,1	36,7	18,8
Quatrième opération.	22,7	1,7	9,0	1,1	44,3	89,7	2,9	5,8

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cémentation de l'aluminium par le cuivre.* Note [1] de MM. **J. Cournot** et **Eugène Pérot**, présentée par M. Rateau.

Les recherches faisant l'objet de cette Note ont eu pour but de préciser le phénomène de cémentation de l'aluminium par le cuivre. Après avoir essayé plusieurs méthodes, entre autres celle qui consiste à chauffer les éprouvettes dans une poudre de cupro-aluminium, nous nous sommes rabattus sur un dépôt électrolytique initial; c'est en effet par ce moyen que l'on obtient la meilleure adhérence du couple des deux métaux, et ceci est essentiel pour un recouvrement d'aluminium, métal facilement oxydable, l'alumine formée en surface empêchant la pénétration. Encore faut-il que le dépôt électrolytique soit lui-même effectué avec le plus grand soin : nous avons parfois obtenu une pénétration inégale due au fait qu'en certains points l'adhérence initiale était moins bonne.

Les éprouvettes étaient de petits cylindres de 8^{mm} de diamètre et 50^{mm} de long; ils étaient chauffés dans un four électrique à tube vertical en atmosphère aussi neutre que possible.

Influence de la température de cémentation. — Nous n'avons pas observé de cémentation sensible au-dessous de 544°, température de l'eutectique Al^2Cu solution solide η; il faut donc passer dans un domaine partiellement liquide pour avoir une pénétration. Le Tableau I donne les pénétrations moyennes obtenues, le dépôt initial de cuivre ayant été effectué pendant 45 minutes sous 0,75 ampère; la durée de chauffage à température de cémentation était uniformément de 30 minutes; les échantillons étaient trempés à l'eau à la sortie du four.

Les examens micrographiques donnent les résultats suivants : la solution solide η est très rarement observable et, lorsqu'elle l'est, on n'en trouve jamais qu'une bande extrêmement mince; la pénétration a un aspect eutectique et avance vers le cœur du métal en pénétrant d'abord par les joints des grains; de petits cristaux de Al^2Cu sont parfois visibles vers la zone externe. La trempe augmente un peu la proportion de solution solide η, ce qui est normal, le domaine de cette solution étant plus vaste à température élevée qu'à la température ordinaire; il n'est pas douteux, d'autre part, d'après ces résultats, que le cuivre diffuse beaucoup plus lentement dans l'aluminium pur que l'eutectique dans la solution solide η; nous avons

(1) Séance du 21 novembre 1926.

vérifié cela en effectuant des cémentations de duralumin : pour un traitement de 20 minutes à 600°, on a avec le duralumin une cémentation à cœur, donc de 4^{mm} au moins, alors que, pour l'aluminium, elle n'atteint pas $0^{mm},5$.

L'aspect extérieur des échantillons, après cémentation, est à signaler : en raison du commencement de fusion, on a, lorsque la couche initiale de cuivre est mince, des plissements superficiels. Ces déformations s'atténuent lorsque le dépôt électrolytique est plus épais.

Le Tableau I donne aussi la moyenne des résultats d'essais de dureté, faits avec une bille de 3^{mm} de diamètre, sous un effort de 100^{kg} ; on voit que la dureté dans cet état trempé s'accroît de 33 à 92 quand le traitement décrit ci-dessus passe de 540 à 590°, puis elle redescend à 53 quand on atteint la température de fusion de l'aluminium.

Étude de la pénétration en fonction de l'importance du dépôt. — L'épaisseur initiale du dépôt a une influence certaine, comme le montre le Tableau II ; les résultats indiqués correspondent à des chauffages de 30 minutes à 590°. La pénétration est ainsi sensiblement proportionnelle à l'importance du dépôt électrolytique initial.

Essais à haute température. — Nous avons essayé de cémenter à haute température, au-dessus de la température de fusion de l'aluminium, entre 660 et 700°, utilisant ainsi l'effet de gaine donné par un dépôt initial épais. Nous n'avons pas réussi à enrichir la couche de cémentation en cuivre, même par un temps de chauffage très court ; les constituants ont toujours été ceux indiqués précédemment.

Nous continuons nos essais pour éclaircir l'influence des différents facteurs de l'électrolyse sur la régularité de la pénétration ; nous recherchons également l'influence du revenu sur éprouvettes cémentées et trempées, à l'effet d'augmenter encore si possible la dureté superficielle et essayons d'éliminer tout à fait les déformations de surface par des dépôts électrolytiques suffisamment épais.

TABLEAU I.

Température de trempe.	Pénétration totale moyenne.	Dureté.
°	mm	
540	0	33
565	0,17	39
590	0,50	65
615	0,85	92
640	1,59	72
660	Cémentation à cœur (ramollissement de l'aluminium)	53

TABLEAU II.

Cuivrage.	Pénétration. (mm)
5 minutes sous 0,6 ampère	0,035
10 » »	0,095
20 » »	0,14
30 » »	0,25
50 » »	0,50

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *A propos de la granulation des scories.* Note de M. B. BOGITCH, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai déjà eu l'occasion [1] d'étudier l'origine des explosions qui se produisent fréquemment lors de la trempe dans l'eau des métaux et des scories liquides. J'ai démontré que ces explosions sont dues à la formation instantanée de poches de vapeur, engendrées par une nappe liquide de matière trempée ; cette nappe se formant sous certaines conditions, au fond des récipients de trempe. Pour éviter ces sortes d'accidents, je recommandais l'emploi d'air comprimé, injecté au fond du récipient de granulation et au-dessous du jet liquide du corps à granuler.

Ayant continué mes expériences à ce sujet, je voudrais préciser maintenant les précautions à prendre pour que l'emploi de l'air comprimé soit toujours efficace :

1° Le jet de scorie liquide doit tomber au centre de la fosse de granulation, *sans qu'il y ait suintement ou écoulement le long des parois*. On conçoit en effet que, s'il en était autrement, l'action de l'air comprimé pourrait être insuffisante pour éviter la formation d'une nappe.

Un accident dû au suintement de la scorie s'est produit récemment à l'usine même où la granulation par l'air comprimé fut installée pour la première fois. La scorie (environ 50 pour 100 de silice, 25 pour 100 d'alumine et 20 pour 100 d'oxyde de fer, fondant à 1150° et trempée à 1500° à raison de 3 tonnes en 5 minutes) est conduite en sortant du four, par un chenal de 3^m de long, dans une gouttière métallique qui s'engage de 80^{cm} au-dessus de la fosse de granulation. Cette gouttière est faite d'un alliage de fer et de nickel, seul métal qui, à ma connaissance, résiste bien, même sans être revêtu de réfractaire, à l'action corrosive des scories très chaudes. Or, après plusieurs mois de fonctionnement normal de la granulation, une

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1221.

fissure se forma, sous la gouttière, dans la maçonnerie de la fosse et la scorie arriva dans celle-ci en suintant le long de la paroi. Le personnel ne s'en aperçut qu'au moment de la coulée et n'eut que le temps de se mettre à l'abri. Une double explosion se produisit qui arracha la toiture du bâtiment où se trouvait la fosse.

2° Certaines scories, très riches en oxydes métalliques, ont une tendance à exploser au moment même où elles touchent l'eau, c'est-à-dire avant que l'action pulvérisatrice de l'air comprimé ait pu s'exercer. J'ai observé ces explosions, notamment dans la trempe des scories cobaltifères contenant près de 70 pour 100 d'oxyde de cobalt. Cependant la scorie étant toujours coulée en un jet mince, la quantité de matière qui explose à la fois ne dépasse guère quelques dizaines de grammes, d'où l'innocuité de ces accidents. De telles scories, par suite d'une teneur élevée en oxydes sont bonnes conductrices de la chaleur et, de plus, souvent visqueuses. Elles se pulvérisent donc mal, forment des paquets au lieu de petits grains et sont susceptibles de produire instantanément une grande quantité de vapeur. Leur granulation exige les précautions suivantes :

a. Au moment de la trempe et quand cela est réalisable, on doit élever la température du four, afin que la scorie soit bien liquide.

b. On réchauffe l'eau de trempe à 35°-40° afin de faciliter le dégagement de la vapeur à la surface des corps incandescents. En pratique, on se contente de ne pas vider entièrement l'eau échauffée par une trempe précédente.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un cycle fermé de réactions concernant quelques dérivés de l'érythrène.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Charles Moureu.

J'ai fait, à partir de l'érythrite inactive la série des réactions ci-dessous :

a. L'érythrite chauffée longtemps vers 100° avec 3 parties d'acide formique à 75 pour 100 se transforme en diformine des fonctions primaires. Celle-ci se scinde par distillation sèche, donnant entre autres produits la monoformine de l'érythrol

$$CH^2=CH-CHOH-CH^2OCOH.$$

Rendement $=58$ pour 100; Eb $=89$ sous 13^{mm}; $n_{20}=1,4467$; $d_{20}=1,1100$;
RM $=27,91$ pour $28,09$.

b. La saponification de la formine par la baryte conduit à l'érythrol

$$CH^2 = CH - CHOH - CH^2OH.$$

Rendement = 85 pour 100; Eb = 98° sous 16^{mm}; $n_{20} = 1,4627$; $d_{20} = 1,04703$;
RM = 23,135 pour 23,161.

c. L'action sur l'érythrol du tribromure de phosphore en présence de pyridine, effectuée au-dessous de 40°, ne donne pas la dibromhydrine de l'érythrol, mais uniquement l'isomère

$$CH^2Br - CH = CH - CH^2Br \textit{ trans}.$$

Rendement = 75 pour 100; Eb = 94° sous 14^{mm}; F = 54°,

identique à celui décrit par M. Griner ([1]).

d. Par chauffage avec l'acétate de sodium en solution acétique, ce bromure *trans* est transformé en acétine *trans*

$$CH^3COOCH^2CH = CH - CH^2OCOCH^3.$$

Rendement = 90 pour 100; Eb = 118° sous 13^{mm}; F = 16°; $n_{20} = 1,4772$;
$d_{20} = 1,08015$; RM = 42,29 pour 42,27.

e. La saponification de la diacétine par la baryte conduit au glycol *trans*

$$CH^2OH - CH = CH - CH^2OH.$$

Rendement = 90 pour 100; Eb = 131°,5 sous 12^{mm}; F = 25°;
$n_{20} = 1,4772$ (liq. surfondu); $d_{20} = 1,0687$ (liq. surfondu);
RM = 23,26 pour 23,16.

f. En solution éthérée ce glycol fixe deux atomes de brome par molécule; de cette fixation résulte uniquement la dibromhydrine inactive

$$CH^2OH - \underset{Br}{\overset{H}{C}} - \underset{Br}{\overset{H}{C}} - CH^2OH.$$

Rendement = 100 pour 100; F = 132°,5-133° (corrigé).

g. Dans l'éther, la potasse sèche pulvérisée enlève deux molécules d'acide bromhydrique à cette dibromhydrine, et l'on obtient le dioxyde

---

([1]) GRINER, *Comptes rendus*, **117**, 1893, p. 553.

indédoublable de M. Griner (*loc. cit.*)

$$CH^2-CH-CH-CH^2,$$
$$\diagdown O \diagup \quad \diagdown O \diagup$$

Rendement = 60 pour 100; Eb = 37°,3 sous $11^{mm},5$; F = − 17, − 16;
$n_{20} = 1,4330$; $d_{20} = 1,1157$; RM = 20,03 pour 19,68.

h. L'hydratation du dioxyde donne uniquement, et avec un rendement de 100 pour 100 l'érythrite inactive fondant à 120° (corrigé) sans purification antérieure; parti de 50^g d'érythrite inactive, j'en ai retrouvé 3^g environ après ces huit transformations.

Les réactions *a*, *b*, *h* étaient connues, seules les autres sont nouvelles; ce travail a conduit à la synthèse de trois corps nouveaux : le glycol *trans*, son acétine et la dibromhydrine bisecondaire, mais il m'a permis de donner les constantes des composés rencontrés dont la plupart n'étaient pas publiées. J'ai constaté que les corps obtenus étaient d'emblée très purs; ils bouillent tous à points très fixes et fondent, purifiés seulement par distillation, au même point, ou à très peu près, qu'après recristallisation, ce qui montre que chacune des réactions donne un seul isomère. De plus, les conclusions ci-dessous semblent découler de ce travail :

1° Le rendement en érythrol des réactions *a* et *b* est plus que triplé si l'on éthérifie l'érythrite par un acide formique pas trop concentré. J'explique ce résultat en admettant qu'on ne fait guère ainsi que les formines des fonctions alcool primaire.

2° L'isomérisation des vinylcarbinols pendant leur transformation en éthers bromhydriques

$$R.CHOH-CH=CH^2+PBr^3 \rightarrow R-CH=CH-CH^2Br$$

a lieu aussi avec les vinylglycols, et semble générale; elle est totale dans ce cas comme dans les premiers, elle donne uniquement l'isomère *trans*. La fixation du brome en position 1.4 peut donc aussi bien s'expliquer par la localisation des affinités en 1.4, que par l'isomérisation d'un bromure 1.2 primitivement formé, ce qui permet de concilier les vues de MM. Griner et Thiele, mais j'ai obtenu l'isomérisation à une température bien inférieure à celle que M. Griner (*loc. cit.*) assigne à cette transposition; ceci est peut-être dû au grand pouvoir isomérisant du milieu où j'opérais.

3° Il y a *cis*-bromuration absolument totale du glycol *trans*, ainsi le principe de *cis*-bromuration des *trans*, bien vérifié sur les diacides et les

dibromures correspondants, s'applique aussi aux glycols; je l'ai vérifié sur divers carbures et il semble absolument général.

4° Le dibromure *trans* s'obtenant facilement à partir de l'érythrène, dont j'ai publié par ailleurs une synthèse totale, la série des réactions *d*, *e*, *f*, *g*, *h* constitue une nouvelle synthèse totale de l'érythrite, peu différente de celle de M. Griner (*loc. cit.*), mais ici c'est le dibromure *trans* et non le *cis* qui conduit à l'érythrite inactive.

CHIMIE AGRICOLE. — *Détermination des exigences des sols agricoles en acide phosphorique par la méthode colorimétrique; influence de la chaux et du fer.* Note de M. **Antonin Němec**, présentée par M. Th. Schlœsing.

Dans une Note précédente [1], j'ai fait connaître une nouvelle méthode permettant de déterminer les besoins en engrais phosphatés des sols agricoles, méthode basée sur l'analyse des extraits aqueux de ces sols. Cette méthode s'appuie principalement sur le fait que les plantes ne sont susceptibles d'utiliser que les matières nutritives solubles dans les liquides des sols. Dans les terres calcaires, l'acide phosphorique se trouve, en majeure partie, sous forme de phosphate de calcium. Sous cette forme ou sous celles de phosphates de fer et d'alumine, la réserve de phosphore d'un sol est plus ou moins soluble. On peut se demander si la présence de la chaux, du fer, de l'alumine exerce une certaine influence sur la quantité d'acide phosphorique qui se dissout dans l'eau distillée et par suite sur les résultats obtenus en déterminant les exigences en acide phosphorique par la méthode colorimétrique de l'auteur.

Pour cette raison j'ai comparé les résultats obtenus par la méthode de l'extraction à l'eau distillée avec ceux de la méthode à l'acide chlorhydrique dilué à 10 pour 100, en opérant sur des sols plus ou moins calcaires et en y dosant non seulement la chaux, mais le fer et l'alumine, éléments fixant dans la terre l'acide phosphorique sous forme de combinaisons peu accessibles aux racines. Voici les chiffres fournis par quelques déterminations :

---

[1] Antonin Němec, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 314.

Provenance du sol.	Pour 100 du sol, éléments solubles dans de l'acide chlorhydrique à 10 pour 100. CaO.	MgO.	$Fe^2O^3+Al^2O^3$.	P^2O^5 soluble dans l'eau °/₀ de la quantité solubilisée par HCl à 10 p. 100.
Koleč (sous-sol)	8,560	0,154	6,675	1,71
Vejvanovice (sous-sol)	7,845	0,994	7,348	1,78
Čakovice (sous-sol)	7,040	0,302	7,850	2,27
Nouměřice (sous-sol)	6,090	0,788	5,924	3,06
Štěpánov (terre arable)	5,992	0,398	6,568	3,12
Moyenne	.....	.....	.....	2,39 ± 0,24
Hospozín (terre arable)	1,930	0,559	7,217	4,07
Roudnice (terre arable)	1,923	0,331	3,687	3,15
Vědomice (sous-sol)	1,730	0,336	3,952	2,92
Čáslav (terre arable)	1,200	0,695	6,552	3,85
Koleč (terre arable)	1,013	0,644	7,234	4,26
Moyenne	.....	.....	.....	3,65 ± 0,21
Čakovice (terre arable)	0,830	0,340	7,890	4,63
Čertouzy (terre arable)	0,645	0,364	5,327	3,73
Rosice (sous-sol)	0,617	0,705	7,835	3,77
Suchomasty (sous-sol)	0,582	0,253	11,645	(1,58)
Svinčany (terre arable)	0,494	0,397	4,668	4,32
Vtelno (sous-sol)	0,460	0,547	7,020	3,49
Moyenne	.....	.....	.....	3,99 ± 0,16
Unhošt (terre arable)	0,432	0,012	5,690	2,03
Pomněnice (terre arable)	0,336	0,050	6,288	1,38
Plzeň (terre arable)	0,272	0,022	3,140	1,47
Poděbrady (terre arable)	0,200	0,028	2,230	2,72
Osek-Rokycany (terre arable)	0,108	0,014	6,820	0,85
Moyenne	.....	.....	.....	1,69 ± 0,23

On voit par ces chiffres que la présence de la chaux dans les sols, à partir d'une quantité supérieure à 5 pour 100, s'accompagne d'une diminution de la teneur en acide phosphorique soluble dans l'eau pour 100 de la quantité soluble dans l'acide chlorhydrique dilué à 10 pour 100.

Il en ressort que les résultats obtenus par la méthode de l'auteur donnent, pour les sols très riches en chaux, une teneur en acide phosphorique diminuée.

Cependant les sols riches en chaux contiennent en règle générale une quantité assez élevée d'acide phosphorique accessible aux plantes, de façon

que les résultats tirés de l'application de la méthode des extraits aqueux conduisent, au point de vue qualitatif, à une conclusion finale correcte. Néanmoins, il faut recommander de tenir compte de la richesse en chaux du sol examiné pour interpréter la détermination des exigences en acide phosphorique par la méthode colorimétrique.

La présence d'une quantité élevée de fer et d'alumine dans le sol (plus de 8 pour 100) cause une insolubilisation notable d'acide phosphorique, dont les plantes ne peuvent tirer profit.

AGRONOMIE. — *Le besoin en chaux des sols acides. Courbes électrométriques de saturation et indices Hutchinson-Mac Lennan. Pouvoir tampon vis-à-vis des bases.* Note de MM. **Ch. Brioux** et **J. Pien**, présentée par M. G. André.

La méthode paraissant *a priori* la plus exacte pour évaluer *le besoin en chaux* des sols acides est celle qui consiste à déterminer, à l'aide de l'électrode à hydrogène et du potentiomètre, la courbe de saturation d'un poids donné de sol, par des volumes croissants d'eau de chaux titrée; on en déduit la quantité exacte de chaux nécessaire pour obtenir la neutralité (pH = 7,0).

Mode opératoire. — Des prises d'essai de 10^{g} de terre, séchée à l'air et tamisée, sont introduites dans des tubes à essais avec 50^{cm^3} d'un mélange d'eau distillée bouillie et de quantités croissantes d'eau de chaux; on place pendant une heure à l'agitateur rotatif et l'on détermine la concentration en ions H. On porte les volumes d'eau de chaux en abscisses et les pH successifs en ordonnées; les courbes obtenues sont presque rectilignes jusque vers pH = 8.

Mais la méthode pratique la plus usitée en France pour évaluer l'acidité ou le besoin en chaux des sols est la méthode Hutchinson-Mac Lennan étudiée et mise au point à la célèbre Station expérimentale de Rothamsted ([1]). Rappelons qu'elle consiste à agiter, pendant 3 heures, 15^{g} de terre avec 300^{cm^3} d'une solution N/50 de bicarbonate de chaux, en atmosphère carbonique. La différence entre le titre primitif de la solution et le titre final permet de calculer la quantité de chaux fixée, que l'on ramène à 1^{kg} de terre. On obtient ainsi le degré d'acidité évalué en chaux.

Il nous a paru utile de comparer les résultats fournis par les deux

([1]) H. B. Hutchinson et K. Mac Lennan, *The Determination of the Lime Requirements of the Soil* (*Chem. News*, **110**, 1914, p. 61). — Ch. Brioux, *Détermination de l'acidité des sols par la méthode Hutchinson-Mac Lennan* (*Annales de la Science agronomique*, 6e série, **37**, 1920, p. 233).

méthodes en opérant sur des terres de constitution physique et d'origine géologique très différentes.

D'autre part, nous avons calculé, pour chaque sol, en partant du besoin en chaux électrométrique, la quantité moyenne de chaux pure, évaluée en milligrammes, nécessaire pour faire varier de 0,1 le pH de 1^{kg} de terre. Les chiffres ainsi obtenus, que nous désignons sous le nom de *coefficients de saturation*, donnent en quelque sorte la mesure du pouvoir tampon des divers sols, vis-à-vis des bases.

Voici l'ensemble de nos résultats pour une vingtaine de terres :

Nos.	Origine géologique.	Culture.	pH du sol.	Besoin en chaux ou acidité. Électrométrique. pour 1000	Hutchinson. pour 1000	Co… c… moy… satu… (…
1.	Diluvium ancien (sableux)	friches	5,95	0,22	0,29	2…
2.	Sables verts	herbage	5,90	0,37	0,31	3…
3.	»	»	5,50	0,56	0,50	3…
4.	Limon des plateaux du pays de Caux	labour	5,75	0,41	0,45	3…
5.	» »	»	5,45	0,49	0,47	3…
6.	» »	»	5,90	0,32	0,42	3…
7.	» »	»	5,55	0,38	0,39	3…
8.	Portlandien supérieur (sablo-ferrugineux).	herbage	5,75	0,54	0,44	4…
9.	Néocomien moyen (pays de Bray)	»	5,20	0,77	0,66	6…
10.	» »	»	5,50	1,15	1,15	6…
11.	Néocomien (très humifère)	lande	4,45	4,91	4,31	19…
12.	Portlandien moyen (pays de Bray)	herbage	5,20	1,16	1,00	6…
13.	» »	»	5,75	0,95	0,73	7…
14.	» (argilo-humif.)	»	5,00	2,04	1,46	10…
15.	Gault (sablo-argileux)	»	5,85	0,71	0,74	6…
16.	Argile du gault	»	5,75	1,22	1,06	9…
17.	» (sous-sol glaiseux)	»	2,90	3,62	3,70	9…
18.	Éocène	défrichement d'ajoncs	3,70	3,61	3,24	11…
19.	Terre latéritique de Cochinchine	?	3,72	6,45	5,82	19…
20.	Tourbe (vallée de la Seine)	»	4,95	10,48	5,77	52…

De l'examen de ce tableau, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Le pH d'un sol acide renseigne très utilement sur l'intensité de son acidité, mais ne permet en aucune façon d'évaluer son besoin en chaux,

(1) D'après l'ensemble de la courbe, jusqu'aux environs de pH = 8.

car, pour des pH identiques ou très voisins, on peut trouver des acidités titrables très différentes (exemples : terres nos 7 et 10, et nos 8 et 16).

2° La méthode Hutchinson au bicarbonate de chaux donne, dans la grande majorité des cas, des résultats extrêmement voisins de ceux fournis par la méthode électrométrique. Elle nous paraît, à ce point de vue, nettement supérieure aux autres méthodes chimiques préconisées pour l'évaluation du besoin en chaux des sols.

Il y a lieu toutefois de signaler que, pour les terres très humifères, riches en azote, comme les terres des vieilles prairies, elle fournit des résultats un peu plus faibles que la méthode électrométrique (nos 11, 14 et 18 du tableau). Pour les tourbes, les résultats sont nettement inférieurs dans les conditions où l'on opère (15g de tourbe pour 300cm³ de réactif).

3° Le coefficient dont nous proposons l'adoption pour l'évaluation du pouvoir tampon des sols acides vis-à-vis des bases montre que, suivant la constitution physique et la richesse en humus des sols, le pouvoir tampon varie considérablement.

Il est faible pour les sols sablonneux non humifères, ainsi que pour les terres de limon des plateaux du Pays de Caux en majeure partie constituées par du sable siliceux très fin avec 5 à 7 pour 100 seulement d'argile. Les sables purs n'ont pratiquement pas de pouvoir tampon : un sable de Fontainebleau lavé nous a donné un coefficient de saturation moyen de 1,2 jusqu'à pH = 9.

Le coefficient augmente avec la dose d'argile contenue dans le sol (93 à 95 pour des argiles grasses du gault, nos 16 et 17), mais l'humus semble être le facteur de beaucoup le plus actif vis-à-vis du pouvoir tampon; le coefficient moyen de saturation atteignant 520 pour une tourbe.

En résumé, il ressort de ce qui précède, qu'à intensité égale d'acidité, c'est-à-dire à pH égal, les sols argileux et surtout les sols humifères exigent notablement plus de chaux pour être neutralisés que les sols à faciès sableux.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *Le mécanisme de l'excrétion chez les Ascidies.* Note de M. **Maurice Azéma**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans un travail d'histologie pure, Dahlgrün avait émis l'hypothèse d'une excrétion *exclusivement liquide*, chez les genres *Ascidia* et *Ascidiella*. Mais déjà l'examen de vésicules rénales à l'état frais montre facilement, dans les

cellules de leur paroi, de petits corpuscules réfringents et suggère des doutes sur l'exactitude de cette interprétation. Des observations plus soignées, sur le même matériel, m'ont en effet confirmé qu'elle était erronée.

Le rein d'*Ascidiella aspersa* (Müll.) constitue pour cette étude le matériel de choix. Les vésicules qui le constituent sont réunies entre elles, d'une manière très lâche, par le mésenchyme qui les entoure; aussi est-il très facile d'isoler une vésicule unique et de l'observer, dans une goutte de sang, sur une lame creuse.

L'épithélium de ces vésicules est caractérisé par des éléments de grande taille (15^{μ} en moyenne). Ces cellules sont extrêmement plates; en coupe optique, l'épaisseur cytoplasmique est de 1 à 2^{μ} seulement. Elles possèdent d'une manière constante une grande vacuole, faisant fortement saillie vers la face interne de la vésicule, accompagnée de quelques vacuoles plus petites. Ces vacuoles sont bien mises en évidence si l'on a fait vivre préalablement l'Ascidie dans un colorant vital. Le noyau, très peu visible sur la cellule vivante, est toujours accolé à la vacuole principale. Le cytoplasme est homogène et renferme de nombreux chondriocontes, courts et flexueux, facilement décelables par le vert Janus. La grande vacuole principale renferme toujours un amas irrégulier, parfois périphérique, souvent central, qui se colore d'une façon intense par le colorant vital employé. Si l'on prolonge l'observation, la cellule meurt; le rouge neutre, localisé dans les vacuoles, diffuse lentement, colorant tout le territoire cellulaire. La vacuole apparaît alors en clair, et l'amas qu'elle renfermait garde encore sa coloration, pouvant jusqu'ici faire croire à un précipité du colorant vital. Mais peu à peu la couleur adsorbée disparaît, et l'on constate, sur l'emplacement de la vacuole, la persistance d'un amas de corpuscules jaunes et réfringents, qui ne sont autre chose que de petites concrétions préexistantes.

L'*élaboration* des produits d'excrétion se fait directement dans la vacuole. Je n'ai jamais rencontré de plus jeunes concrétions dans le cytoplasme proprement dit. Les premières concrétions apparaissant dans la vacuole forment une calotte plus ou moins dense à la périphérie de celle-ci. Puis, cette calotte, à laquelle est venu s'ajouter un amas de concrétions plus récemment élaborées, se détache du bord de la vacuole. Elle flotte librement, animée d'un lent mouvement, à l'intérieur de celle-ci. Enfin l'amas hémisphérique, caractéristique du stade précédent, se condense pour former une concrétion massive et homogène. Nous nous trouvons alors au stade qui précède l'expulsion des jeunes concrétions dans la lumière de la vésicule.

Cette excrétion a lieu d'une manière rythmique, toutes les cellules d'une vésicule étant toujours au même stade d'élaboration de leur concrétion intra-vacuolaire; simultanément, leurs vacuoles crèvent, mettant en liberté les concrétions qu'elles renfermaient. Celles-ci s'agitent longtemps, animées de mouvements browniens, puis viennent s'accumuler en un point précis de la concrétion déjà existante. Les petites concrétions bien individualisées qui forment cet amas, se fusionneront peu à peu, formant un mamelon sur la concrétion principale. Ce mode d'excrétion explique les formes irrégulières prises par les concrétions d'*Ascidiella* au cours de leur accroissement.

Après l'expulsion de la concrétion intravacuolaire, une des petites vacuoles accessoires commence à s'accroître et se substitue physiologiquement à la vacuole principale qui vient de disparaître. Dans les jeunes vésicules rénales, ce mécanisme se répète avec une assez grande rapidité. Les cellules excrétrices renferment alors de nombreuses vacuoles secondaires. Dans les cellules de vésicules plus âgées, et par conséquent moins actives, ce nombre diminue et l'on ne trouve souvent que la vacuole principale.

Des faits entièrement comparables s'observent chez *Ascidia mentula* (Müll.).

Il existe donc chez les *Ascidiidæ*, en même temps qu'une excrétion liquide, une excrétion solide manifeste.

ZOOLOGIE. — *La disparition des nageoires paires chez les Poissons africains du groupe des Clariinés*. Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La tendance à l'allongement du corps devenant plus ou moins anguilliforme avec perte corrélative des nageoires paires ventrales, puis souvent des pectorales, est un fait que l'on observe dans un assez grand nombre de familles de la classe des Poissons. Nulle part peut-être aussi bien que chez les Clariinés africains on en peut mieux saisir les étapes successives.

Dans la vaste famille des Siluridés, la sous-famille des Clariinés forme un groupe bien défini dont les représentants habitent les eaux douces de la Malaisie, du sud-est de l'Asie, de la Syrie et de la quasi-totalité de l'Afrique.

Le genre *Heterobranchus* asiatique et africain est le moins différencié, bien que l'allongement commence déjà à se manifester. Si l'on prend, par exemple, l'*H. longi-*

filis C. V. du Nil et du Congo, on trouve un Poisson chez lequel la hauteur du corps est contenue 6 à 7 fois dans la longueur, avec une dorsale de 27 à 34 rayons, suivie d'une nageoire adipeuse d'égale longueur; l'anale est aussi allongée et comprend 44 à 54 rayons; les pectorales sont très développées, ainsi que les ventrales formées d'un rayon simple et de 5 branchus.

Dans le genre de transition *Dinotopterus* du Tanganyika, on trouve la même physionomie générale, mais avec prédominance de la dorsale rayonnée sur l'adipeuse très courte.

Avec les *Clarias*, fort nombreux en Asie et davantage en Afrique, il n'y a plus qu'une seule dorsale rayonnée très longue ainsi que l'anale, ces deux nageoires généralement séparées, mais arrivant parfois à se fusionner plus ou moins avec la caudale. Les pectorales et les ventrales restent toujours normales, et la longueur du corps qui chez certaines espèces ne fait que 5 fois la hauteur, peut dans quelques autres atteindre 12 fois cette dimension.

Le remarquable genre *Clariallabes* du Congo, occupe une place centrale. Les nageoires impaires sont fusionnées, il y a des pectorales, mais tandis que dans le *C. melas* Blgr., les ventrales, assez petites, existent toujours, dans une nouvelle forme que je viens de décrire [1] sous le nom de *C. variabilis*, d'après des exemplaires récoltés en cinq points du Kasai, affluent du Congo par le Dr Schouteden, ces nageoires sont tantôt présentes, tantôt absentes. Sur un total de 13 individus examinés par moi, 6 ont deux ventrales, 2 une seule, 5 en sont complètement dépourvus. Constatation curieuse, chez les spécimens à ventrales, celles-ci ne sont pas rudimentaires, mais formées d'un petit rayon simple et de 4 branchus. Ni la taille, ni les localités de capture ne paraissent entrer en ligne de compte, dans cette variation quelque peu désordonnée; c'est ainsi que le plus grand (138^{mm}), comme le plus petit (40^{mm}), sont tous deux pourvus de ventrales, et que des sujets intermédiaires venant du même endroit en possèdent ou n'en possèdent point. Ainsi voilà un caractère qui, dans d'autres groupes, aurait pour le moins une valeur de coupe *générique* [2], qui, à mon avis, ne doit ici *pas même être considéré comme spécifique*. La meilleure preuve en est que chez un sujet on trouve une seule ventrale à gauche, chez un autre une seule à droite.

Avec le genre *Gymnallabes*, du Bas-Niger, si des ventrales rudimentaires et des pectorales réduites subsistent encore, le fusionnement des nageoires impaires est absolument complet et l'allongement encore plus marqué, la hauteur du corps étant contenue 14 à 15 fois dans la longueur.

Enfin l'aspect anguilliforme parfait est réalisé par le *Channallabes apus* Gthr. du Congo, où n'existent plus ni ventrales, ni même de pectorales. Ce curieux Poisson, qui peut atteindre 30^{cm}, ressemblerait assez à une Anguille, n'était la présence de 4 paires de barbillons, caractère constant chez les Clariinés et qui n'est pas modifié chez lui.

---

(1) *Rev. Zool. Afr.*, **14**, II, 1926, p. 201.

(2) Chez les Cyprinodontidés les *Tellia* sont ainsi séparés des *Cyprinodon*.

En somme le groupe des Clariinés renferme à la fois des Poissons à corps moyen, à aspect de Siluridé ordinaire (comme un Bagre par exemple), et d'autres anguilliformes, profondément spécialisés dans le sens de l'allongement du corps, de la fusion des nageoires paires, de la disparition des nageoires impaires.

C'est dans les eaux douces de l'Afrique tropicale qu'on trouve encore actuellement aujourd'hui *tous les termes de transition* entre ces deux types extrêmes.

La disparition des nageoires comme les ventrales, si l'on en juge par le *Clariallabes variabilis* Pellegrin, du Kasai, paraît se faire, par mutation, brusquement. Chez certains sujets, en effet, elle peut être unilatérale, et l'on trouve parfois côte à côte dans les mêmes eaux des individus de taille égale, semblables sous tous les rapports, mais pourvus les uns de ventrales, les autres complètement apodes.

BIOLOGIE. — *Une lignée phylétique expérimentale :* Canthocamptus→Cyclops. Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Continuant la série de recherches que je poursuis depuis 1920 sur la phylogenèse des Copépodes, j'ai réussi à obtenir une lignée expérimentale continue par stades successifs qui, partant du genre *Canthocamptus*, aboutit actuellement au genre *Cyclops*.

Je ne ferai que nommer les stades, tous inconnus jusqu'alors, de cette série génétique qui sera décrite dans un autre Recueil :

Canthocamptus salinus Labbé → *Wolterstorffia croisicensis* Labbé → *Feronniera mirabilis* Labbé → *Feronniera cyclopoïdes* Labbé → *Regis servus* Labbé → *Herouardia paradoxus* Labbé (1) → *H. P. heterogenes* Labbé → *Cyclops phaleroides* Labbé → *C. serrulatoides* Labbé.

Cette lignée expérimentale, avec un temps d'arrêt au stade *Feronniera*, s'est poursuivie d'une façon continue par allélogenèse, les isomorphes persistant quelque temps après l'apparition des allomorphes; et elle est en avance d'environ 6 mois sur la lignée naturelle qui se poursuit actuellement dans les marais salants du Croisic; les *Herouardia* que j'ai obtenus en culture en 1926 (1) devront apparaître au printemps de 1927 dans les marais salants

---

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 808.

où ils sont encore inconnus. Il est bien probable que cette lignée, qui a évolué pendant 6 années, va se trouver bloquée au stade *Cyclops*, forme géante du groupe, forme cosmopolite et dont les 150 espèces sont tout au plus des variétés fortuites et non évolutives.

Dans d'autres régions des lignées analogues évoluent en ce moment, et la lignée parallèle à la nôtre, qui se poursuit dans les marais salants de Mesquer, était en septembre 1926 à un stade *Regis Racovitzæ* Labbé voisin, mais différent du stade *R. servus* de la lignée croisicaise.

L'analyse comparative des modifications des divers organes dans la lignée nous a montré qu'il existe deux sortes de caractères : les uns, qui varient au hasard, et auxquels s'appliquent les *mutations de de Vries;* les autres qui évoluent en ligne droite, orthogénétiquement, et répondent aux *mutations de Waagen*, aux « Formenreihe » de Neumayr.

Ainsi ce qu'on appelle la variation ne se confond pas avec l'évolution qui est représentée par l'orthogenèse d'Eimer, la rectigradation de Osborn.

Aux origines de la lignée, le pH du milieu joue nettement le rôle d'animateur; par la suite les facteurs internes paraissent seuls en cause.

Quant aux stades phylétiques de la lignée, il faut les considérer comme des étapes, des relais, dans le cours de l'évolution, relais dont la plupart sont destinés à disparaître, si les isomorphes ne trouvent pas les conditions nécessaires et suffisantes pour persister comme espèces.

Ces résultats et les discussions qu'ils comportent seront développés dans un Mémoire spécial.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action secondaire des rayons* X *sur les micro organismes*. Note [1] de M. **Jean-Jacques Trillat**, transmise par M. M. de Broglie.

Les rayons X de grande longueur d'onde (K_α du chrome $= 2,23$ Å) exercent, comme je l'ai montré dans une précédente Note [2], une action bactéricide relativement intense sur le *B. prodigiosus*; au contraire, pour des rayonnements plus pénétrants, cette action est beaucoup plus faible. J'ai cherché à déterminer d'une façon aussi précise que possible quelle

[1] Séance du 6 décembre 1926.

[2] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 614.

pouvait être la cause de cette différence d'action, et je me suis adressé pour cela au rayonnement secondaire provoqué par l'impact de rayons X primaires sur des feuilles métalliques placées à proximité de cultures microbiennes. Les expériences de Ghilarducci, Milano et Donati d'une part, Halberstaedter de l'autre, sont déjà de nature à fournir des indications sur ce sujet; je suis arrivé à des résultats plus précis en suivant un mode opératoire qui permette des comparaisons tout à fait exactes, en se plaçant dans des conditions toujours identiques.

Cette question présente un grand intérêt pour la connaissance de l'action biologique des rayons X.

Dispositif expérimental. — Le microbe utilisé a encore été le *B. prodigiosus*, ensemencé sur gélose par la méthode du nuage microbien (A. Trillat), de façon à obtenir une culture superficielle parfaitement homogène et plane. Les boîtes de Pétri utilisées, démunies de leur couvercle, ont été placées dans un léger appareil en cuivre, supportant une vis micrométrique terminée du côté de la préparation par un disque également en cuivre, sur lequel on colle des feuilles métalliques minces que l'on peut approcher de la culture à une distance déterminée et toujours rigoureusement la même; ce résultat est atteint par le réglage d'une pointe traceuse portée par la périphérie du disque. La distance plaque métallique-culture a été, dans toutes ces expériences, de $0^{mm},5$. Le radiateur peut pivoter autour de l'axe de la boîte et venir ainsi occuper une série d'emplacements sur la même culture, ce qui permet de faire des comparaisons précises.

La source de rayons X utilisée consiste en une ampoule Coolidge Standard (anticathode Tu) alimentée par contact tournant sous 70000 volts, avec un courant de 3,5 milliampères. La boîte de Petri, contenant une culture fraîchement ensemencée, est placée verticalement en face de la fente d'un spectrographe, de telle sorte que le rayonnement passe d'abord à travers le fond en verre de la boîte, traverse la culture et vient frapper ensuite le radiateur métallique.

La fente du spectrographe est obturée par un papier noir de façon à éviter toute action du rayonnement lumineux; la température de la pièce a toujours été de l'ordre de 18° à 19° et chaque expérience a été répétée plusieurs fois en vue du contrôle.

RÉSULTATS. — *a. Action des divers métaux.* — Ont été essayés : Or, Pb. Pt, Bi, Ag, Sn, Ni, Fe, Zn, Cu, Al.

Temps de poses : de 1 minute 30 secondes à 1 heure. Les résultats peuvent se résumer de la façon suivante : Alors que l'action du rayonnement primaire (pas de radiateur) est, dans ces conditions, complètement nulle, le rayonnement secondaire dû à la présence du radiateur exerce au contraire une action considérable.

Cette action bactéricide est en relation avec le numéro atomique du

métal utilisé; en comparant en effet, pour des temps de pose égaux et sur la même culture, les résultats produits par les divers métaux, on obtient le classement suivant :

I. Bi (83), Pb (82), Or (79), Pt (78); II. Sn (50), Ag (47);
III. Zn (30), Cu (29), Ni (28), Fe (26); IV. Al (13).

Les clichés obtenus, véritables photographies où les microbes remplacent la couche sensible, montrent en effet que l'action bactéricide est d'autant plus intense que le radiateur secondaire est constitué *par un métal à numéro atomique plus élevé,* ce qui s'explique par le fait que l'absorption et par suite l'émission secondaire croît sensiblement comme la puissance quatrième du nombre atomique.

Pour les métaux lourds (Bi, Pb, Or, Pt) le temps nécessaire pour obtenir une action bactéricide totale est, dans les conditions expérimentales, de l'ordre de 10 minutes; un prélèvement effectué dans l'intérieur de la raie, et repiqué sur gélose, ne cultive pas. Pour des poses plus courtes, on observe un ralentissement de la poussée, ralentissement d'autant plus marqué que l'irradiation a été de plus longue durée. Pour des poses de 1 minute 30 secondes, j'ai pu observer déjà un retard net à la croissance, alors qu'une pose d'une heure ne donne rien si l'on supprime le radiateur. Bien entendu, le ralentissement n'est dans ces conditions que momentané, et après quelques jours les microbes ont envahi la tache et la culture redevient homogène.

Pour Ag et Sn, le temps de stérilisation est de l'ordre de 20 minutes. Pour les métaux légers (Zn, Cu, Ni, Fe), ce temps est d'au moins 35 minutes. L'aluminium n'a donné qu'une action très faible, même après une pose d'une heure.

Dans tous les cas, si l'on attend que la culture soit déjà développée, on n'observe plus qu'un simple ralentissement avec un temps de pose qui était stérilisant pour une culture jeune.

b. Influence de la distance. — L'action bactéricide des divers métaux décroît très rapidement avec la distance du radiateur à la culture; on peut s'en assurer en inclinant la plaque métallique d'un angle connu sur la préparation. Par exemple, pour une distance de 1^{mm}, la dose bactéricide est atteinte au bout de 30 minutes environ au lieu de 10 minutes avec une distance de $0^{mm},5$.

Conclusion. — Ces expériences mettent en évidence l'influence considé-

rable du rayonnement secondaire excité par le rayonnement primaire sur un radiateur métallique placé à proximité des microbes; l'influence directe du rayonnement primaire peut être considérée en effet comme négligeable dans les conditions utilisées. Ceci est en accord complet avec les résultats obtenus par M. Thibaud relativement à l'action sur les micro-organismes des radiations secondaires excitées par les rayons γ du radium dans divers métaux.

CHIMIE BIOLOGIQUE — *Sur la constitution chimique de la géine (géoside)* (¹).
Note de MM. **Henri Hérissey** et **J. Cheymol.**

Nous avons antérieurement décrit le mode de préparation et un certain nombre de propriétés de la *géine* (ou *géoside*), glucoside générateur d'eugénol contenu dans la racine de Benoîte. Il y a lieu de rappeler, en particulier, que ce glucoside, hydrolysé par les acides minéraux étendus et bouillants, a fourni du glucose *d* et de l'arabinose *l*; traité par la géase, ferment soluble qui l'accompagne dans la Benoîte, il a donné du vicianose, sucre hydrolysable lui-même par les acides en glucose *d* et arabinose *l* (²).

Ces recherches, complétées par diverses déterminations nouvelles, nous permettent actuellement de fixer avec sûreté la constitution chimique de la géine.

La cryoscopie du glucoside cristallisé a été faite dans l'eau. L'opération est assez délicate à effectuer à cause de la faible solubilité du glucoside, qui ne permet d'opérer que sur des solutions très diluées. Les valeurs trouvées ont oscillé de ce fait entre 420 et 520; une des déterminations a conduit, par exemple, au résultat suivant :

$$M = 18,5 \times \frac{0,9980}{0,040} = 461.$$

A la combustion, $0^g,1906$ de produit cristallisé, séché à l'air, ont donné $0^g,1228$ H^2O et $0^g,3694$ CO^2 ; soit, pour 100, $H = 7,15$, $C = 52,83$.

(¹) Le terme de géoside est conforme aux décisions de la 5e Conférence internationale de Chimie pure et appliquée (Stockholm, 1924).

(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 384; 181, 1925, p. 565. — *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 8e série, 1, 1925, p. 561; 3, 1926, p. 156.

Toutes les observations faites sur la géine cristallisée nous autorisent, en somme, à attribuer à ce principe la formule brute $C^{21}H^{30}O^{11} + H^2O$, ainsi que cela ressort de la comparaison des chiffres suivants :

	Calculé pour $C^{21}H^{30}O^{11}.H^2O$.	Trouvé.
C pour 100	52,94	52,83
H »	6,72	7,15
Poids moléculaire	476,25	461
Perte en eau pour 100	3,77	3,60
Vicianose pour 100 (par la géase)	65,54	66,02
Glucose et arabinose (par les acides)	69,32	69,67 et 68,89

L'équation du dédoublement du glucoside sous l'influence de la géase doit s'écrire

$$C^{21}H^{30}O^{11} + H^2O = \underset{\text{Vicianose.}}{C^{11}H^{20}O^{10}} + \underset{\text{Eugénol.}}{C^{10}H^{12}O^2}.$$

Si l'hydrolyse est faite par les acides, on a

$$C^{21}H^{30}O^{11} + 2H^2O = \underset{\text{Glucose } d.}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{Arabinose } l.}{C^5H^{10}O^5} + \underset{\text{Eugénol.}}{C^{10}H^{12}O^2}.$$

Les solutions aqueuses de géine ne réduisent pas la liqueur cupro-potassique et ne donnent ni coloration, ni précipité avec le perchlorure de fer. Ces observations nous indiquent que la fonction aldéhydique du glucose, restée libre dans le vicianose ([1]), doit être unie dans le glucoside à la fonction phénol de l'eugénol.

La constitution chimique de la géine peut donc être représentée par la formule suivante :

$CH^2.OH-(CH.OH)^2-CH-CH-O.CH^2-(CH.OH)^3-CH-CH-O-C$ (pont O entre les deux CH de chaque reste ; noyau benzénique : HC, CH, HC, C.OCH³, C—CH²—CH=CH²)

Reste d'arabinose *l*. | Reste de glucose *d*. | Reste d'eugénol.

([1]) D'après G. Bertrand et G. Weisweiller, *Bull. Soc. chim.*, 9, 1911, p. 147.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'effet antiscorbutique est-il dû à deux substances différentes?* Note de M. N. **Bezssonoff**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai montré [1] que la dose de jus de citron frais suffisant à protéger contre le scorbut un cobaye de 400^{g}, nourri avec un mélange d'avoine, de son et de jaune d'œuf, est de 3$^{cm^3}$. Or la moitié de ce volume suffit aux cobayes recevant, en plus de l'avoine et du son, 60$^{cm^3}$ *de lait de vache chauffé* 1 heure à 120° C. (Chick et Rhodes, 1920; Davey, 1921). Donc ce lait contiendrait en vitamine C la moitié de la dose nécessaire, soit la valeur de 1$^{cm^3}$,5 de jus frais. Cependant, il faut (Jephcott et Bacharach, 1921) 104$^{cm^3}$ de lait frais pour protéger du scorbut un cobaye de 400^{g}. D'après ceci, l'effet antiscorbutique de 52$^{cm^3}$ de lait frais égalerait celui de 60$^{cm^3}$ de lait chauffé. Cependant le chauffage du jus d'orange, 1 heure à 130°, réduit de moitié sa valeur antiscorbutique et la sensibilité au chauffage des liquides neutres est encore plus grande (Delf, 1920).

Ceci m'a fait supposer l'existence de deux fractions de vitamine C, dont l'une C^1 serait moins résistante que l'autre C^2 au chauffage. L'action de 1$^{cm^3}$,5 de citron frais serait limitée par sa teneur en C^2. L'apport du C^2 contenu dans 60$^{cm^3}$ de lait chauffé la compléterait. La diminution du pouvoir antiscorbutique par le chauffage serait due à une destruction partielle du C^1. Pour vérifier cette supposition, on doit disposer au moins de l'une des deux fractions de C.

Le procédé à l'acétate de plomb [2] permet d'obtenir à partir du chou un produit ternaire cristallin qui préserve du scorbut les cobayes recevant *le lait chauffé*, à une dose de 0^{mg},4 par 100^{g} de cobaye; ce produit correspondrait donc à la fraction C^1. Ne disposant plus de ce produit, j'ai utilisé la vitamine C brute qui s'obtient au cours du même procédé. Une dose de 40^{mg} de cette préparation suffisait aux cobayes de 500^{g} soumis au régime avoine-son, plus 60$^{cm^3}$ *de lait chauffé*, au cours d'épreuves de 90 et 150 jours en présence de témoins.

4 cobayes, pesant de 480 à 545^{g}, soumis au nouveau régime avoine-son-jaune d'œuf, reçurent chacun 180^{mg} de la même préparation. En l'absence de lait chauffé,

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 921.

(2) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 846; **180**, 1925, p. 970; *Bull. Soc. Sc. Hyg. Alim.*, **11**, 1923, p. 14.

cette dose quatre fois plus grande se révéla insuffisante. Les animaux avaient perdu, en moyenne, 44^{g} au 34e jour. A ce moment, la dose fut réduite à 50^{mg}, mais les cobayes reçurent $1^{cm^3},5$ de jus de citron chauffé 1 heure 10 minutes à 120° C. Ils augmentent aussitôt de poids. Au 40e jour, ils avaient repris 30^{g} en moyenne; au 80e jour, ils furent chloroformés; à l'autopsie, aucune trace de scorbut. Il restait à mesurer l'effet antiscorbutique *entier* de $1^{cm^3},5$ de jus chauffé et prouver que cet effet est négligeable. Deux lots de 4 cobayes recevant chacun 2^{cm^3} de citron chauffé périrent tous avant le 39e jour. 4 cobayes pesant de 300 à 680^{g} reçurent par jour 7^{cm^3} de jus chauffé. Deux succombèrent au 48e et au 58e jour; un autre de 570^{g} au 81e jour : scorbut aigu à l'autopsie. Le 4e de 680^{g} pesait à ce jour 650^{g}. Calculée pour ces deux cobayes, la dose équivaut de 1 à $1^{cm^3},1$ de jus par 100^{g} de cobaye. La dose suffisante en jus frais étant de $0^{cm^3},75$, celle en jus chauffé semble proche du double. Un dernier lot de 4 cobayes, du poids initial de 360 à 620^{g}, reçut $1^{cm^3},5$ de jus de citron frais et $3^{cm^3},5$ de jus chauffé; 3 succombèrent du 58e au 74e jour; le 4e, de 620^{g} au début pesait 526^{g} le 81e jour. L'effet antiscorbutique de $1^{cm^3},5$ de jus frais serait donc sensiblement égal à celui de $3^{cm^3},5$ de jus chauffé. De plus, on voit que l'action antiscorbutique diminue quand on ajoute au jus chauffé $1^{cm^3},5$ de jus frais au lieu de 50^{mg} de vitamine C brute.

Récapitulons : Une dose de 40^{mg} de vitamine C brute suffisait à un cobaye de 500^{g} qui recevait 60^{cm^3} de lait chauffé, une dose quadruple de la même substance fut insuffisante sans lait. Quand on réduisit cette dose à moins d'un tiers (de 180 à 50^{mg}), mais en lui ajoutant $1^{cm^3},5$ de jus de citron chauffé, elle devint suffisante. Or l'addition de 2^{cm^3} de jus chauffé sans la vitamine C brute fut sans effet. D'ailleurs $1^{cm^3},5$ de jus chauffé ne représente que $0^{cm^3},75$ de jus frais; et $1^{cm^3},5$ de jus frais se montre moins actif que 50^{mg} de vitamine C brute. Donc l'action heureuse de l'addition de $1^{cm^3},5$ de jus chauffé ne peut s'expliquer que par l'apport d'un facteur C^2 que contient aussi le lait chauffé et dont est pratiquement privée la vitamine C brute. Une objection se présente : Parson et ses collaborateurs (1920 et 1924), Lepkowsky et Nelson (1924), ont démontré que le rat, tenu au régime antiscorbutique, produit dans son foie la vitamine C et que le cobaye en est incapable. Il paraît étrange que seul le rat puisse produire deux substances différentes. Cela devient plus probable si le C^2 est un dérivé du C^1. Rappelons que la présence d'un dérivé instable de la vitamine C que celle-ci engendre en solution, a déjà été signalée (1). Il serait certainement utile de compléter par d'autres recherches les premières indications obtenues sur l'existence du facteur C^2; néanmoins, les résultats que je présente aujourd'hui permettent déjà de considérer cette existence comme très probable.

(1) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 4, 1922, p. 83, et 6, 1924, p. 35 et 220.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur des calculs biliaires humains à forte teneur en cuivre.* Note de M. J. **Meunier** et de M[lle] G. **Saint-Laurens**, présentée par M. A. Desgrez.

On a cru longtemps que l'existence du cuivre dans les organismes vivants ne pouvait être qu'accidentelle; mais les idées à ce sujet se sont modifiées à la suite de travaux exécutés depuis quelques années. Parmi ceux-ci, nous rappellerons ceux de MM. Maquenne et Demoussy qui ont montré sa présence constante dans les terres végétales et dans les cendres des végétaux, ceux de MM. Fleurent et Lévi qui ont analysé sous ce rapport un certain nombre de champignons et la viande de cheval, de M. Guérithault qui l'a caractérisé dans les graines et dans les produits alimentaires, et de MM. Desgrez et Meunier qui l'ont trouvé dans le sang de cheval. MM. Rose et Bordansky ont annoncé que cet élément était un constituant normal des tissus des Mollusques, des Arthropodes et des poissons de mer, ce fait a été confirmé par M. Severy, qui estime la proportion moyenne de cuivre à $0^{mg},5$ par kilogramme, M. Bordansky a reconnu qu'il accompagnait le zinc dans le cerveau humain et que son assimilation était plus rapide au cours de la vie intra-utérine; MM. Hess, Supplee et Bellis considèrent le cuivre comme un constituant du lait de femme et du lait de vache, qui est absorbé par l'enfant et se retrouve dans les liquides de son organisme, ce qui lui assignerait un rôle physiologique. Ajoutons qu'il a été de même signalé dans la bile, ainsi que les Traités classiques le relatent, mais jamais, à notre connaissance du moins, dans les calculs biliaires.

Les différents auteurs que nous venons de citer n'ont pas rencontré plus de 60^{mg} de cuivre au kilogramme de matière, comme proportion maxima, tandis que les calculs biliaires, que nous venons d'analyser, en contiennent 3^{g} au kilogramme, proportion véritablement massive que nous avons pu déterminer pondéralement, en opérant sur 1^{g} de matière.

Les calculs dont il s'agit appartiennent à la série de ceux que les auteurs désignent sous le nom de *calculs pigmentaires hémolytiques;* ces calculs se présentent comme des grains noirs de jais, assez brillants et de grosseurs très différentes. Au microscope, leur surface apparaît hérissée de sortes de pustules; ils semblent vaguement cristallins.

Traités par l'eau chaude, puis par les dissolvants organiques usuels, ils perdent environ la moitié de leur poids et laissent un résidu plus noir et plus brillant qui rappelle par son aspect le sang coagulé et condensé par dessiccation. Pour déterminer la composition de leur partie minérale, nous

les avons soumis à la combustion, en observant les précautions que l'un de nous a indiquées, dans une Note en collaboration avec M. Desgrez [1], au lieu d'obtenir des cendres blanches, comme cela a lieu avec la plupart des autres calculs, nous n'avons pu obtenir que des cendres noires, dans lesquelles le cuivre, masqué par un résidu de carbone très difficile à brûler, ne nous est pas apparu tout d'abord. La première manifestation que nous en ayons eue s'est produite dans un petit tube d'oxydation coudé en verre pyrex : la matière chauffée est demeurée noire, mais, au bout d'un certain temps de chauffage, elle a fini par laisser sur le verre une belle tache rouge, comme on en obtient avec l'oxyde du cuivre mélangé de matière organique.

Pour séparer les parties goudronneuses des calculs et doser le cuivre, nous avons eu recours au procédé suivant :

La matière pulvérulente est chauffée dans un petit tube fermé à un bout par fractions de 1 ou 2^{dg}; l'eau et les goudrons qui se condensent sont enlevées au moyen d'un rouleau de papier; il reste au fond du tube un résidu concret noir, bien détaché, qui s'extrait facilement en totalité. Nous nous sommes assurés que les goudrons condensés sur la paroi de verre ne contenaient pas de partie minérale. Le résidu charbonneux est recueilli dans une petite capsule de porcelaine, dans laquelle, chauffé modérément, il devient incandescent à la manière du charbon catalytique. Malgré cela, il reste encore du carbone quand l'incandescence a cessé; on n'arrive à le détruire complètement qu'en reprenant 5 ou 6 fois par l'acide azotique, en évaporant et en calcinant : au fur et à mesure des opérations, la coloration verte de l'azotate de cuivre apparaît de plus en plus manifestement. Finalement le cuivre est mis en solution chlorhydrique. On reprend par l'eau et l'on filtre pour séparer un faible résidu insoluble. La solution cuivrique acide est traitée par un courant de gaz sulfhydrique et chauffé au bain-marie jusqu'à ce que le sulfure de cuivre se soit bien aggloméré, ce qui est assez long.

Nous ferons remarquer qu'employée avec ces précautions, cette méthode au sulfure est certainement l'une des plus sensibles, car on aperçoit, au fond des liqueurs ou à leur surface, des grains de sulfure noir de l'ordre du millième de milligramme et moins.

Le sulfure de cuivre recueilli a été transformé en oxyde CuO et a fourni un poids de $4^{mg},2$ correspondant à $3^{mg},28$ de Cu. La suite de l'analyse nous a permis de peser 0,33 pour 100 du poids de calcul initial en Fe^2O^3, Al^2O^3, Mn^3O^4 non séparés et 1,34 pour 100 de CaO, matières qui se trouvent du reste dans la plupart des calculs biliaires.

La séance est levée à 15^h55^m. E. P.

---

[1] *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 181.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 DÉCEMBRE 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes du Nouvel An la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 4 janvier au lieu du lundi 3.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Loi de distribution des orages magnétiques et de leurs éléments. Conséquences à en tirer sur la constitution du Soleil.* Note de M. **H. Deslandres**.

Dans plusieurs Notes de cette année ([1]), j'ai annoncé que les orages magnétiques terrestres, représentés par leur pointe caractéristique ou maxima ([2]), sont séparés dans le temps par des intervalles qui sont, à de faibles différences près, des multiples de $R/6$, $R/12$ et $R/24$, R étant la durée moyenne de rotation synodique des taches solaires. Comme ces orages sont dus à des particules électrisées rejetées par le Soleil, les points d'émission de ces particules, qui sont de véritables volcans, ont une distribution très régulière; exprimés en longitude, ils sont séparés par des intervalles qui sont des multiples de 60°, 30° et 15°.

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 296, 669, 733, 1031, et **183**, 1926, p. 165 et 493.

([2]) Dans les Notes précédentes, l'orage était représenté soit par la pointe du début, lorsque le début est très brusque (orage S), soit par la bande maxima. La division en ces deux types d'orages soulève des critiques et a été abandonnée. Actuellement, tous les orages sont représentés par leur pointe maxima, et il se trouve que la loi expérimentale énoncée précédemment reste la même. Les tableaux publiés précédemment devront être révisés et complétés.

Cette loi simple a été vérifiée d'abord sur les courbes de la déclinaison magnétique, enregistrée à Meudon depuis juillet 1922. Le dernier minimum ayant eu lieu en 1923, les troubles magnétiques sont redevenus notables seulement à partir de 1925, et l'étude a porté d'abord sur les trois semestres de janvier 1925 à juillet 1926, puis sur les années 1923 et 1924. En même temps, grâce au relevé des grands orages, publié en 1905 par Maunder, j'ai étendu la recherche aux années 1882 et 1883, qui, comme les précédentes, suivent un minimum de taches. Les résultats ont été les mêmes.

Il faut étudier à ce point de vue une période undécennale entière, et, récemment, j'ai examiné les années de 1920 à 1922 incluse, qui précèdent un minimum. Les données nécessaires ont été fournies par les belles publications de l'Observatoire de Greenwich sur les variations de l'aiguille aimantée. Le volume annuel dit des Observations reproduit les courbes de trois à six orages, choisis parmi les plus importants de l'année, et il donne non seulement la déclinaison D, mais la force horizontale H et la force verticale V; ce qui permet de bien juger la valeur réelle de l'orage. De plus ces publications sont répandues partout et les propriétés annoncées peuvent être aisément vérifiées par tous ceux que la question intéresse.

Dans les publications antérieures sur la matière, il faut distinguer le fait expérimental, non discutable, de son interprétation qui peut varier. Or le fait expérimental est exactement le suivant (voir la Note du 19 juillet) : « Les intervalles entre les perturbations sont des multiples de 60°, 30° et 15°, l'écart avec les longitudes théoriques étant le même pour les perturbations d'un même groupe, mais variable d'un groupe à l'autre. » La variation des écarts a été attribuée à des différences dans la vitesse des particules émises; et même ces différences ont été estimées assez grandes pour expliquer la séparation des trajectoires par le champ magnétique solaire et la durée parfois notable de l'orage.

Pour aller plus loin dans cette voie, j'ai été conduit à relever non plus seulement la pointe maxima, mais toutes les pointes bien nettes de l'orage; et cet examen plus complet a été appliqué d'abord aux orages de Greenwich à partir de 1920; les résultats ont dépassé mon attente. En vue des rapprochements ultérieurs, chaque pointe, définie par la longitude du centre solaire, est représentée par l'expression $n \times 15^\circ \pm \varepsilon$, ε étant un résidu au plus égal à 6 ou à 8. Puis tous les résidus sont groupés dans le tableau ci-après qui réunit 14 orages. Les 12 premiers, observés à Greenwich de 1920 à 1922, appartiennent au cycle précédent. A cause du manque de place, on a écarté les orages de 1923 et 1924 qui, d'ailleurs, étant autour

d'un minimum, sont faibles; mais on a ajouté deux beaux orages relevés à Meudon, celui du 1er septembre 1925, le premier important du nouveau cycle, et l'orage du 26 janvier 1926, noté comme le plus fort de cette année.

Les orages sont énumérés dans la première colonne, et la ligne horizontale de chaque orage présente d'abord le multiple de 15° correspondant et ensuite les résidus des pointes successives, inscrits dans 16 petites colonnes (de $+8$ à -6), la colonne $\pm q$ recevant les résidus compris entre $\pm q$ et $\pm(q+1)$. Les pointes de l'orage se présentent ainsi dans l'ordre où elles apparaissent sur la Terre; lorsque le temps croît, la longitude du centre du Soleil diminue. Cet ordre est aussi celui dans lequel décroît la vitesse des particules qui, émanées d'un même point de l'astre, seraient capables de reproduire toutes les parties du phénomène. L'orage et ses pointes constituent en réalité le spectre magnétique de ces particules, séparées et écartées par le champ magnétique de l'astre (1). Dans les grands orages, des particules plus rapides entrent en jeu, la déviation par le champ magnétique solaire est plus faible, et l'orage nous arrive avec une avance notable comme c'est le cas pour l'orage du 22 mars 1920.

Cependant le tableau montre à première vue que la loi expérimentale rappelée ci-dessus, est vérifiée nettement avec les orages nouveaux (2). De plus, et c'est un point qui doit retenir notre attention, plusieurs résidus tels que $+8,1$, $+4,5$, $+3,2$, se retrouvent dans tous les orages ou dans plusieurs orages. Les particules émises qui leur correspondent doivent avoir la même vitesse, le champ magnétique solaire, d'autre part, restant à peu près constant. Les intensités seules varient d'un orage à l'autre; d'où le déplacement des pointes maxima, et l'on explique les écarts signalés plus haut entre les groupes d'orage qui ont chacun des intervalles, multiples de 15°. La loi expérimentale devient ainsi plus simple et plus précise.

Finalement tout se passe dans le Soleil comme si, au-dessous de la sur-

---

(1) Il n'est pas impossible que l'on remonte un jour à la nature chimique de l'atome ionisé ou radioactif qui lance ces particules.

(2) Après la première étude sur les orages de 1925 et 1926, j'ai noté que les orages forts se montraient avec les multiples de 60°, les moyens avec les multiples de 30°, et les faibles avec les multiples de 15°. Cette distinction ne se maintient pas lorsque l'on considère un intervalle de temps plus grand. En fait, un quelconque des sommets du polygone régulier de 24 côtés peut être l'origine d'orages très forts.

J'avais admis aussi trois couches sous-jacentes, ayant respectivement, à partir de la surface, 24, 12 et 6 brisures. Il suffit de supposer 24 brisures permanentes, qui s'entr'ouvrent plus ou moins suivant les cas.

Pointes successives de plusieurs beaux orages magnétiques (enregistrés à Greenwich et Paris) représentées par la longitude du centre du Sol
au moment de leur apparition sur la Terre et rapprochées des longitudes qui sont des multiples de 15°.

(¹).	Date de la pointe maxima et classe de l'orage.	Multiple de 15° $n\times15°$.	Résidus. +8°.	+7°.	+6°.	+5°.	+4°.	+3°.	+2°.	+1°.	+0°.	−0°.	−1°.	−2°.	−3°.	−4°.	−5°.	—
I.	**1920**. Fév. 20,76 V..	105° ±	8,1 p	7,7 p			4,9 p / 4,2 p	**3,3 g**	2,3 p	1,2 p	0,1 p		1 p					
II.	Mars 4,94 G..	345 ±				5,8 p / 5,1 p	4,8 p / 4,4 p	**3,3 g**	2,6 m	1,7 p / 1,1 p	0,2 p		1,4 p					
III.	22,75 G..	105 ±	**8,1 g**	7,7 m		5,3 m	4,4 g		2,4 m		0,9 p			(2,3) p		(4,5) p		
IV.	Sept. 28,79 V..	120 ±					4,5 p	3,1 p	**2,1 g**	**1,2 g**	0,6 p	0,6 p			3 p			
	Déc. 4,75 M..	315 ±					4,3 p	**3,2 m**	2,1 p		0,7 p			2,6 p				
V.	**1921**. Mai 13,90 V..	0 ±	8,2 p	7,7 p / **7,2 g**		5,7 m / 5,1 g		3,5 p	2,9 p / 2,6 p							(4,4) p		
VI.	15,10 G..	345 ±	8,3 m		**6,1 g**	**5,3 g**	**4,5 g**	3,3 g		1,6 p	0,1 p				(3,3) m	(4,9) p		
VII.	16,36 G..	330 ±	8,2 p			5,4 p	**4,5 g**	3,7 g	2,1 p	1,2 p								
VIII.	**1922**. Janv. 24,71 A..	225 ±		7,2 p			**4,5 m**			1,1 m	0,9 p			2,9 m				
IX.	Mars 14,81 F..	300 ±					4,7 m		**2,9 m**	1,9 m							(5,4) p	
	Avril 22,86 F..	150 ±			6,2 p		4,0 p									(4,8) p		**(6**
	Mai 16,81 M..	195 ±												2,1 p	**3,7 m**			6,
	1925. Sept. 1,85 A..	135 ±	8,1 p	**7,5 m** / 7,1 m			4,9 p / 4,1 m	3,3 m	2,3	1,6								
	1926. Janv. 26,07 G..	0 ±		7,3 p	**6,1 g**	5,2 m	4,3 m	3,4 p	**1,6 g**	0,7 p							5,7 m	

Notes. — Dans les petites colonnes, les chiffres gras annoncent le résidu d'une bande maxima; les lettres p, m, g, accolées aux résidus, indiquent qu pointes sont petites, moyennes ou grandes par rapport aux parties voisines de la courbe enregistrée.

Les résidus entre ( ) sont ceux qui ont paru devoir être rapportés, non au multiple de 15° de la ligne horizontale, mais au multiple immédiatement supér

La classe de l'orage est, comme dans les Notes précédentes, indiquée par les lettres G, V, A, M, F qui annoncent un orage grand, très actif, actif, mo et faible.

(¹) *Remarques.* — I. à + 3,3 forte pointe de V. — II. D hors cadre. — III. D et V hors cadre. — IV. à + 2,1 maximum de V; à + 1,2 maximum d — V. + 7,2 plus fort dans H et V. — VI. D, H et V hors cadre. — VII. H hors cadre. — VIII. + 4,5 plus fort dans D et V. — IX. Orages faibles et homogènes.

face, dont les divers parallèles ont des rotations différentes, se trouvait une couche qui tourne comme un corps solide, avec une durée de rotation égale à R. Cette couche sous-jacente aurait 24 volcans ou brisures uniformément répartis autour de l'axe, qui rejettent au dehors les particules électrisées des masses intérieures, et avec des vitesses, dont quelques-unes, au moins, sont constantes. Un corps radioactif émet un rayonnement qui a la même propriété. Quant à la division régulière de la couche quasi solide, elle ne doit pas étonner; elle est particulière aux corps à symétrie circulaire qui se refroidissent. A l'appui j'ai déjà cité les cassures régulières observées dans la fabrication du verre. La potée refroidie du verrier offre soit la cassure suivant un seul diamètre, soit la division hexagonale, soit la division en 12 ou 24 secteurs égaux. Si le refroidissement est inégal, on a des divisions plus nombreuses ou nettement irrégulières. Tous ces cas se retrouvent dans le Soleil, et le rayonnement corpusculaire de la couche profonde, périodiquement variable, apparaît toujours comme la cause première de toutes les variations undécennales.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques applications géologiques de la transmutation.* Note de M. L. de Launay.

1. Dans une Communication antérieure ([1]) j'ai proposé une théorie générale de la condensation atomique, dont je voudrais maintenant chercher les applications à la géologie avec les commencements de vérification qui peuvent en résulter.

J'ai supposé que le poids atomique de chaque corps simple résultait de la position normale par rapport au centre de la terre que ce corps avait occupée au moment de la consolidation terrestre; mais j'ai admis en outre que ces atomes avaient pu être exceptionnellement déplacés après coup vers la superficie et qu'il en résultait pour eux un dépaysement manifesté par les phénomènes explosifs de la désintégration et de la radioactivité.

La première vérification qui se présente aussitôt est relative au groupe des métaux dits radioactifs. On sait que l'uranium (238,5) donne, en s'allégeant, du radium (226,5), puis du radon (220) et enfin peut-être du plomb (207) (je supprime les intermédiaires). En même temps, se dégagent des atomes légers d'hélium (4). Ici la transmutation spontanée

([1]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1241.

paraît aujourd'hui prouvée dans les conditions superficielles. Son développement anormal pour cette famille de l'uranium ou pour celle du thorium correspond bien à notre thèse générale puisqu'il s'agit là des atomes les plus lourds que nous connaissions, de ceux qui, suivant toute vraisemblance, ont leur place légitime le plus près du centre et qui doivent par conséquent à la surface se trouver le plus dépaysés.

On a mesuré les durées de vie de ces corps successifs. Elles sont extrêmement variables, et cela sans aucune loi, depuis 10 milliards d'années jusqu'à 4 secondes. Le radium, avec 2900 ans de vie, se présente dans des conditions très spéciales qui expliquent peut-être pourquoi ses propriétés nous paraissent si particulières. Lui seul, en effet, a une durée de vie à l'échelle de notre histoire humaine, assez courte pour que nous ayons le temps de le voir évoluer, assez longue pour que le phénomène ne nous échappe pas par sa rapidité même, comme cela aurait pu arriver pour ses dérivés successifs si l'attention n'avait pas été d'abord spécialement attirée sur eux.

Aux extrémités de cette lignée généalogique, nous rencontrons : d'une part, l'uranium ; de l'autre, le plomb. Il est difficile de ne pas admettre que l'uranium a lui-même un ancêtre inconnu de poids atomique plus élevé. Sinon, bien que la durée de vie de l'uranium soit longue, il devrait avoir presque complètement disparu par sa transmutation même. C'est le même raisonnement qui a fait chercher au radium un ancêtre, l'uranium, parce que, si le radium ne se reformait pas en même temps qu'il se détruit, ce corps aurait dû tout entier disparaître 2900 ans après la consolidation terrestre.

Quant au plomb, il peut présenter un équilibre provisoirement stable, son dépaysement étant insuffisant sur la surface de la Terre et sa quantité devrait alors s'accroître sans cesse. Mais peut-être aussi subit-il une transmutation dont le mécanisme nous échappe par sa lenteur même et qui, comme je vais le dire, le conduirait à un élément de poids atomique plus faible, tel que l'argent.

Les durées de vie extraordinairement différentes que l'on observe dans les seuls cas où la transmutation soit bien démontrée mettent en évidence le caractère explosif et discontinu du phénomène. Elles entraînent, en même temps, comme on l'a remarqué depuis longtemps, des rapports numériques constants entre deux éléments associés par leur gisement dont l'un est l'ancêtre de l'autre.

Ici encore nous trouvons un commencement de vérification dans le

rapport à peu près constant de l'uranium au radium ou de l'uranium et du thorium au plomb : dans ce dernier cas, avec cette particularité curieuse que les deux plombs supposés issus de l'uranium et du thorium ne paraissent pas identiques mais isotopes. Peut-on aller plus loin? C'est ici qu'il faut bien se rappeler une remarque précédente sur la complexité des phénomènes géologiques. Quand nous trouvons du plomb dans un gisement, ce plomb peut, en effet, provenir de l'uranium ou du thorium comme l'ont fait concevoir les rapports numériques précédents. Mais, trop manifestement, la majorité du plomb n'a pas cette origine puisque l'uranium fait défaut au voisinage. Le plomb doit avoir, lui aussi, comme l'uranium, une certaine position normale sur le rayon terrestre. Dans la zone correspondante, du plomb s'est formé qui n'avait jamais été antérieurement autre chose de plus condensé, uranium ou thorium. Et ce plomb-là a dû s'échapper occasionnellement vers la périphérie au même titre que l'uranium, plus souvent même puisqu'il venait d'une zone moins centrale. On est jusqu'ici désarmé pour distinguer ces divers plombs de formation si différente et cette remarque que nous pourrions répéter pour tous les autres corps, entraîne, on le conçoit, une grande incertitude.

Il en est de même de quelques observations d'après lesquelles la transmutation d'un même corps pourrait donner, non pas seulement un autre corps, mais, suivant les cas, deux corps distincts ayant chacun leur lignée, avec possibilité ultérieure de convergences et de croisements, tout au moins sous la forme d'isotopes. C'est donc à titre de simple suggestion que je signale un certain nombre de rapports numériques curieusement constants entre deux métaux associés dans le même gisement : rapports qui pourraient correspondre à une parenté.

Ainsi, dans un grand nombre de filons, le rapport de l'argent au plomb oscille entre 1 pour 1000 et 1 pour 5000. L'or natif est toujours argentifère et contient jusqu'à un tiers d'argent. La famille du platine présente presque toujours les mêmes satellites, avec des teneurs maintenues dans le même ordre de grandeur : par exemple, pour 100 de platine, 6 de rhodium; 1,6 de palladium et 0,07 d'iridium. Dans des amas pyriteux, on retrouve souvent les rapports de 1 à 100 ou 1000 pour le cadmium et le zinc; de 1 à 50 pour l'or et l'argent; de 1 à 10 pour le cobalt et le nickel; de 1 à 50 ou 75 pour le manganèse et le fer, etc. De telles associations paraissent différer de celles qui tiennent simplement à des affinités chimiques, comme cela se produit pour les familles du chlore, du soufre, des métaux alcalins, etc. Sans chercher trop de précision ni vouloir en déduire des conséquences

trop rigoureuses, on peut avoir intérêt à se les rappeler dans les essais de transmutation artificielle; car logiquement on doit penser qu'on réussira dans cette voie en se bornant à accélérer des transmutations que la géologie nous montre déjà spontanément réalisées.

Notre hypothèse tend également à modifier certaines conclusions trop facilement admises sur le réchauffement actuel de la terre. Sans même discuter les calculs relatifs aux calories produites par le radium dans les zones superficielles de la terre, où la transmutation est exothermique, le phénomène prend une tournure toute différente si l'on admet, comme nous le faisons ici, dans les parties centrales, une condensation endothermique fonctionnant au contraire comme une source de froid. On redevient alors libre d'attacher toute leur importance aux nombreux phénomènes géologiques qui font supposer un refroidissement progressif à la base de la lithosphère.

Enfin, quand les durées de vie relatives à divers corps simples auront été bien établies et confrontées avec la notion de provinces métallogéniques mises au jour par une érosion plus ou moins avancée, nous pouvons espérer posséder ainsi l'instrument chronométrique rigoureux qui manque jusqu'ici aux géologues.

BOTANIQUE. — *Nouvelles données sur les folioles supplémentaires des Fraisiers.* Note [1] de M. **Paul Vuillemin.**

J'ai mentionné (*Les Anomalies végétales*, 1926, p. 321) 33 feuilles de *Fragaria* hybride de *Fr. chilensis* Duch., récoltées à Malzéville le 5 septembre 1906, c'est-à-dire après la période de floraison. Au-dessous des 3 folioles normales, on observait de petites folioles supplémentaires, 2 dans 16 feuilles, une seule dans 17. Sur ces folioles surajoutées, 19 avaient la forme de scyphie.

Sur des rejets de cette plantation, repiqués à Petite-Rosselle (Moselle), Henri Vuillemin cueillit, le 4 décembre 1926, 23 feuilles affectées de la même anomalie. J'en fis un examen attentif. Toutes les folioles supplémentaires sont rabougries comparativement aux folioles normales. J'en distingue de quatre sortes, que je désigne par les lettres p, s, x, y. Elles sont planes ou étalées (p), en forme d'entonnoir ou de scyphie pédiculée (s);

---

[1] Séance du 20 décembre 1926.

le rebord ventral se prolonge en languette antitrope (x), ou se réduit à une bande échancrée au milieu, tandis que le rebord dorsal est bien étalé (y). Ces quatre sortes répondent aux degrés de l'hypoplasie.

3 feuilles ont une foliole supplémentaire; 17 en ont deux; 3 en ont trois. Les 3 folioles supplémentaires d'une même feuille sont planes. Dans deux, les premières sont opposées, tandis que, dans le reste de la récolte, toutes les pièces surnuméraires sont alternes. L'alternance habituelle pourrait suggérer la pensée que les Fraisiers reviennent au type imparipenné du *Potentilla anserina* L.; il n'en est que plus important de remarquer la persistance de l'opposition dans la première paire supplémentaire, maintenue au premier degré de l'hypoplasie. L'unique foliole surajoutée est, une fois une scyphie (s), deux fois une pièce à languette ventrale antitrope (x), c'est-à-dire un membre dont l'hypoplasie est avancée.

Sur les 17 feuilles pourvues de 2 folioles supplémentaires, la première, de haut en bas, est plane (p) dans 12, scyphiée (s) dans 2, du type x dans 1, du type y dans 2, ce qui montre le degré croissant de l'hypoplasie à partir des folioles normales, si l'on tient compte de l'étroite analogie des formes s, x, y, contrastant avec la forme p.

La première foliole alterne est à droite dans 15 feuilles, dont $9p$, $3s$, $2x$, $1y$, à gauche dans 8, dont $6p$, $1x$, $1y$. On ne peut conclure de ces derniers chiffres, que la position initiale à droite, deux fois plus fréquente qu'à gauche, soit en relation avec le degré d'hypoplasie. Mais de l'ensemble des données tirées de cette récolte, il ressort une fois de plus que les scyphies et les anomalies connexes résultent de l'hypoplasie, si évidente dans les folioles supplémentaires des Fraisiers.

M. J. Costantin dépose sur le Bureau le fascicule VI (tome second) du *Cours de Botanique* de MM. Gaston Bonnier et Leclerc du Sablon, rédigé avec la collaboration de M. Raoul Cerighelli.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Faune de France*. 13. *Diptères* (*Brachycères*), par E. Séguy. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° Tome I[er] des *Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, publiées sous la direction de M. Ernest Esclangon, directeur de l'Observatoire. (Présenté par M. H. Deslandres.)

Le Comité préparatoire du V[e] Congrès international de Génétique annonce que celui-ci aura lieu à Berlin du 11 au 18 septembre 1927 et invite l'Académie à s'y faire représenter.

M[mes] Cusco, Maxime Ménard, Lucie Randoin;

MM. Antoine Alayrac, André Apard, René Baire, Alberico Benedicenti, Serge Bernstein, Albert Berthelot, Eugène Bertrand de Fontviolant, Ernest Blin, Jules Bridré et André Donatien, Louis de Broglie, Georges Bruhat, Paul Bunet, Étienne Burnet, Jean Charcot, Édouard Chatton, Louis Chelle, François Croze, Francisco Miranda da Costa Lobo, Charles Dejean, Raymond Delaby, Charles Dhéré, Pierre Dombray, Léo Escande, Charles Fabry, Pierre Fauvel, René Feret, Maurice Frechet, Jules Gaultier, Louis Hackspill, Jacques Hémar, André Job, Yves Kermorgant, Joseph Lacoste, Édouard Lamy, Jules Le Calvé, René Legendre, Frédéric Marguet, Henri Michel, Paul Montel, Léon Moret, W. B. Palgen, Charles Pérard, Charles Perez, Rémy Perrier, Kyrille Popoff, Georges Reboul, Joseph Renaux, Armand Renier, Jean Rey, Marcel Ricaud, Frank Schlesinger, Henri Simonnet, Charles Spire et Pierre Lombardy, Irénée Thériot, Joseph Thoret, Gustave Vavon, Emile Wagner, André Wahl, Alfred Weiss, Georges Weiss, et l'Institut de statistique adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. Emilio Damour, Jean Guérillot, Joseph Guillaume, Jean Mascart, Paul Nottin, Paul Pallary, l'École vétérinaire d'Alfort et la Faculté française de médecine de Beyrouth, adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le fonds Loutreuil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de fonctions méromorphes.* Note [1] de M. **Paul Montel.**

Considérons une suite infinie de fonctions méromorphes dans un domaine (D) :

$$f_1(z),\quad f_2(z),\quad \ldots,\quad f_n(z),\quad \ldots.$$

On dit que cette suite est convergente dans ce domaine lorsque les valeurs $f_n(z_0)$, en chaque point z_0 intérieur à (D), ont une valeur limite unique, finie ou infinie. La convergence est uniforme au point z_0 si l'on peut tracer un cercle de centre z_0 dans lequel les fonctions $f_n(z)$ ou les fonctions $\frac{1}{f_n(z)}$ sont holomorphes à partir d'un certain rang et convergent uniformément au sens habituel. La suite converge uniformément dans un domaine lorsque la convergence est uniforme en chaque point de ce domaine. Toutes ces propriétés sont invariantes lorsqu'on effectue sur chaque fonction de la suite une même substitution homographique à coefficients constants.

I. On peut établir la proposition suivante :

Si une suite infinie de fonctions méromorphes dans un domaine (D) *converge dans l'intérieur de ce domaine, tout domaine intérieur à* (D) *en contient un autre dans lequel la convergence est uniforme.*

En d'autres termes, l'ensemble E des points *irréguliers* en lesquels la convergence n'est pas uniforme est un ensemble fermé, non dense dans le domaine (D). Cet ensemble E coïncide avec l'ensemble des points où la suite n'est pas normale. Sur l'ensemble E, la fonction limite est une fonction de la première classe de M. Baire. Les domaines de convergence uniforme peuvent former un ensemble dénombrable et la fonction limite peut représenter dans ces domaines des fonctions méromorphes distinctes.

Le caractère analytique ne peut donc disparaître par un seul passage à la limite : ce résultat était déjà connu pour les fonctions holomorphes.

II. Considérons une famille infinie arbitraire de fonctions méromorphes dans le domaine (D). Appelons *ensemble limite* relatif au point z_0, l'ensemble dérivé des points ayant pour affixes les valeurs en z_0 des fonctions de la famille. Lorsque la famille est formée par les fonctions d'une suite convergente, l'ensemble limite se réduit à un point, quel que soit z_0, à l'in-

[1] Séance du 20 décembre 1926.

térieur de (D). Dans le cas général, on peut démontrer le théorème suivant :

Si l'ensemble limite d'une famille de fonctions holomorphes dans un domaine (D) *ne couvre jamais le plan tout entier, de toute suite infinie de fonctions de la famille, on peut extraire une suite nouvelle telle que chaque domaine intérieur à* (D) *en contienne un autre dans lequel cette dernière suite converge uniformément.*

Ainsi, chaque suite infinie de fonctions de la famille est génératrice d'une suite nouvelle qui converge uniformément dans (D), sauf peut-être pour les points d'un ensemble E fermé et non dense.

Si les ensembles limites ne comprennent jamais trois points fixes, la famille est normale et l'ensemble E disparaît.

III. Représentons sur la sphère de Riemann les valeurs d'une fonction méromorphe et considérons l'aire de la région ainsi recouverte lorsque la variable parcourt le domaine (D). On démontre la proposition suivante :

Si les aires des régions recouvertes sur la sphère de Riemann par les points correspondant aux valeurs de chaque fonction d'une famille de fonctions méromorphes dans un domaine (D) *ne dépassent pas une limite fixe, inférieure à l'aire de la sphère, cette famille est normale dans le domaine* (D).

Ce théorème est à rapprocher d'un résultat relatif aux familles de fonctions holomorphes dans un domaine (D) qui possèdent la propriété suivante : les aires des régions recouvertes, dans le plan complexe, par les points ayant pour affixes les valeurs de chaque fonction sont bornées dans leur ensemble; j'ai montré antérieurement que cette famille est normale.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'itération au moyen d'un noyau symétrique et singulier de Fredholm.* Note de M. **R. Wavre**, présentée par M. Hadamard.

Soit $N(x, y)$ un noyau symétrique sur lequel nous ferons les hypothèses suivantes :

I. *L'intégrale* $\int_a^b \int_a^b N^2(x, y)\,dx\,dy$ *a un sens.*

II. *On peut intervertir l'ordre des intégrations dans l'expression*

$$\int_a^b \int_a^b \alpha(x)\,N(x, y)\,\beta(y)\,dx\,dy,$$

les fonctions $\alpha(x)$ *et* $\beta(x)$ *étant de carré sommable.*

Nous ne chercherons pas ici dans quelle mesure ces deux hypothèses sont indépendantes.

Posons

$$\varphi_i(x) = \frac{f_i(x)}{n_i}, \qquad n_i^2 = \int_a^b f_i^2(x)\,dx, \qquad f_{i+1}(x) = \int_a^b \mathrm{N}(x, y)\,\varphi_i(y)\,dy.$$

En invoquant l'hypothèse II et l'inégalité de Schwartz on obtient la relation

$$\frac{n_{i+1}}{n_{i+2}} = \int_a^b \varphi_{i+2}(x)\,\varphi_i(x)\,dx \leqq 1,$$

de sorte que les normes ne sont jamais décroissantes,

$$n_{i+1} \leqq n_{i+2} \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots).$$

D'autre part l'inégalité de Schwartz et la relation

$$\int_a^b f_{i+1}^2(x)\,dx = \int_a^b \left[\int_a^b \mathrm{N}(x, y)\,\varphi_i(y)\,dy\right]^2 dx$$

prouvent que les normes n_1, n_2, ..., sont inférieures à l'intégrale I. Les normes n_{i+1} tendent donc vers une limite n. On établit facilement la relation

$$(1) \qquad \cos(\varphi_i, \varphi_{i+2p}) = \int_a^b \varphi_i(x)\,\varphi_{i+2p}(x)\,dx = \frac{n_{i+1}}{n_{i+p+1}} \cdots \frac{n_{i+p}}{n_{i+2p}}.$$

Lorsque p augmente indéfiniment, ce cosinus ne peut que décroître; sa limite E_i existe toujours

$$(2) \qquad \mathrm{E}_i = \lim_{p \succ +\infty} \cos(\varphi_i, \varphi_{i+2p}).$$

Les relations (1) et (2) donnent lieu à la suivante

$$(3) \qquad \mathrm{E}_i = \mathrm{E}_{i+q} \frac{n_{i+1}}{n} \cdots \frac{n_{i+q}}{n}$$

qui prouve que les limites E_i sont toutes nulles ou toutes différentes de zéro et jamais décroissantes; elles sont toutes inférieures ou égales à l'unité; leur limite existe toujours

$$\mathrm{E} = \lim_{i \succ +\infty} \mathrm{E}_i.$$

Les relations (1), (2), (3) montrent encore que les limites E_i sont nulles ou différentes de zéro en même temps que le produit infini

$$\pi = \frac{n_1}{n} \frac{n_2}{n} \frac{n_3}{n} \cdots,$$

et l'on s'assure facilement le droit de poser

$$\mathrm{E}_i = \frac{n_{i+1}}{n}\,\frac{n_{i+2}}{n}\,\frac{n_{i+3}}{n}\cdots \tag{4}$$

Les distances des itérées normalisées s'expriment comme les cosinus au moyen des normes

$$\delta(\varphi_i, \varphi_{i+2p}) = \int_a^b [\varphi_i(x) - \varphi_{i+2p}(x)]^2\,dx = 2[1 - \cos(\varphi_i, \varphi_{i+2p})],$$

et *les limites suivantes existent toujours :*

$$\lim_{p \to +\infty} \mathrm{S}(\varphi_i, \varphi_{i+2p}) = 2[1 - \mathrm{E}_i] \tag{5}$$

$$\lim_{i \to +\infty} \lim_{p \to +\infty} \mathrm{S}(\varphi_i, \varphi_{i+2p}) = 2[1 - \mathrm{E}\,]. \tag{6}$$

S'il existe une suite φ_{m_1}, φ_{m_2}, φ_{m_3}, ... qui converge en moyenne on peut extraire de la suite des indices m_1, m_2, m_3, ... une suite l_1, l_2, l_3, ... d'indices de même parité, et l'on peut choisir les nombres i et $i + 2p$ parmi les indices l_1, l_2, l_3, ... et alors $\mathrm{E} = 1$ et les deux suites

$$\varphi_{2i} \quad \text{et} \quad \varphi_{2i+1} \tag{7}$$

convergent en moyenne.

On voit l'importance du produit infini π dans cette question, il donne lieu à l'alternative suivante :

a. $\pi = 0$ *et il n'existe aucune suite extraite des* φ_i *qui converge en moyenne;*

b. $\pi \neq 0$ *et les deux suites* (7) *convergent en moyenne.*

Lorsqu'un théorème purement existentiel garantira l'existence d'une fonction d'accumulation pour la convergence en moyenne, cette dernière sera limite de la suite des itérées d'indices pairs ou de la suite des itérées d'indices impairs ou de ces deux suites à la fois. M. O.-D. Kellog, dans un article fort intéressant [1] fit une étude semblable mais sous des conditions plus restrictives que les nôtres et sans introduire le produit infini π.

Avec les hypothèses de M. Kellog les itérées φ_i forment une suite de fonctions également continues d'Ascoli. On est donc assuré dans ce cas de se trouver dans la circonstance (*b*) $\pi \neq 0$. Notre présente étude montre en plus que dans le cas de M. Kellog si l'on a soin d'itérer toujours doublement l'extraction d'une suite convergente, théoriquement possible, est pratiquement inutile.

---

(1) *On the Existence and Closure of Sets of caracteristic Functions* (*Math. Annalen*, **86**, I-II, 1922, p. 14-17).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une série de Fourier-Lebesgue divergente partout.* Note de M. **Kolmogoreff**, présentée par M. Émile Borel.

Le but de cette Note est de donner un exemple d'une fonction sommable dont la série de Fourier diverge partout.

1° Nous déterminons d'abord pour chaque entier n une fonction $\varphi_n(x)$:

$$\sigma_m(x) = \frac{1}{2} + \sum_{k=1}^{k=m} \frac{m-k}{m} \cos kx;$$

$$m_i = n^{4(i+1)}, \qquad A_i = \frac{4i\pi}{2n+1} \qquad (0 \leq i \leq n);$$

$$\varphi_n(x) = \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^{i=n} \sigma_{m_i}(A_i - x).$$

Il est évident qu'on a

$$\varphi_n(x) \geq 0, \qquad \int_0^{2\pi} \varphi_n(x)\, dx = \pi.$$

2° $\varphi_n(x)$ peut être représentée sous la forme

$$\varphi_n(x) = \frac{1}{2} + \sum_{k=1}^{k=m_n} a_k \cos(kx + \lambda_k).$$

Considérons la somme partielle de $\varphi_n(x)$:

$$(1) \quad s_k(x) = \frac{1}{2} + \sum_{l=1}^{l=k} a_l \cos(lx + \lambda_l)$$
$$= \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^{i=j} \sigma_{m_i}(A_i - x)$$
$$+ \frac{1}{n+1} \sum_{i=j+1}^{i=n} \frac{k}{m_i} \sigma_k(A_i - x) + \frac{1}{n+1} \sum_{i=j+1}^{i=n} \frac{m_i - k}{m_i} \frac{\sin \frac{2k+1}{2}(A_i - x)}{\sin \frac{1}{2}(A_i - x)},$$

où l'on prend j de telle manière que $m_j \leq k < m_{j+1}$. Les deux premiers membres de (1) sont positifs ou nuls. Donc

$$(2) \qquad s_k(x) \geq \frac{1}{n+1} \sum_{i=j+1}^{i=n} \frac{m_i - k}{m_i} \frac{\sin \frac{2k+1}{2}(A_i - x)}{\sin \frac{1}{2}(A_i - x)}.$$

3° On peut démontrer que, pour n assez grand et pour x situé dans le segment $\left(A_j - \frac{1}{n^3}, A_j + \frac{1}{n^3}\right)$, on a

$$s_{n^2}(x) > C_1 n, \tag{3}$$

où C_1 est une constante absolue.

4° Pour chaque x situé dans le segment $\left(A_j + \frac{1}{n^3}, A_{j+1} - \frac{1}{n^3}\right)$, en supposant n assez grand, on peut déterminer k tel que $2k+1$ soit divisible par $2n+1$ et que les inégalités suivantes soient remplies :

$$m_j \leqq k \leqq \frac{m_{j+1}}{2},$$

$$-\sin\frac{2k+1}{2}x \geqq \frac{1}{2}.$$

Dans ce cas, on peut déduire de (2) que l'on a

$$s_k(x) \geqq -\frac{1}{n+1}\sin\frac{2k+1}{2}x\sum_{i=j+1}^{i=n}\frac{m_i - k}{m_i}\,\frac{1}{\sin\frac{1}{2}(A_i - x)} \geqq C_2\log(n-j). \tag{4}$$

5° Pour chaque x,

$$0 \leqq x \leqq 2\pi - \frac{1}{\sqrt{n}},$$

on peut en vertu de (3) et (4) déterminer un indice k tel que

$$s_k(x) \geqq c_3 \log n.$$

Posons enfin

$$\Phi(x) = \sum_{m=1}^{m=\infty} M_m \varphi_{n_m}(x).$$

Si la série des M_m est absolument convergente, $\Phi(x)$ est sommable. Si les indices n_m croissent assez vite, la série de Fourier de $\Phi(x)$ diverge partout [1].

---

[1] Pour la démonstration des deux derniers faits on peut consulter ma Note *Une série de Fourier divergente presque partout* (*Fundamenta Math.*, 4, 1923, p. 324).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le glissement angulaire des poulies et le glissement des brins menant et mené de la courroie.* Note (¹) de M. **Swyngedauw**, présentée par M. G. Kœnigs.

On admet actuellement sans conteste, semble-t-il, que, dans une transmission par courroie entre poulies de même diamètre et lorsqu'il n'y a pas de glissement d'ensemble, il y a parfaite égalité entre le glissement angulaire des poulies $\gamma = \frac{N-n}{N}$ et le glissement g des brins $\frac{V-v}{V}$; N et n étant les nombres de tours des poulies menante et menée; V et v étant les vitesses des brins menant et mené.

Les expériences suivantes, répétées un grand nombre de fois sous diverses formes, démontrent nettement, au contraire, que le glissement des poulies est toujours supérieur au glissement des brins.

Une courroie relie les deux poulies en fonte pratiquement identiques de 20^{cm} de diamètre de deux dynamos frein; on mesure le glissement des poulies par la méthode électrique décrite dans une Note récente (²), qui permet des déterminations très précises malgré la variation inévitable de la tension d'alimentation. Le glissement $\frac{N-n}{N}$ est le rapport du nombre des battements du voltmètre en une demi-minute au nombre de tours du moteur pour les dynamos tétrapolaires utilisées. Comme il s'agit d'apprécier le glissement au dix-millième près, il importe d'éliminer l'influence de la très légère différence inévitable dans les diamètres des poulies; on y parvient notamment en faisant deux expériences dans lesquelles chaque dynamo tourne à la même vitesse successivement en moteur et en génératrice avec le même couple; la moyenne des deux glissements ainsi observés est le glissement qui se produirait si les deux poulies étaient rigoureusement identiques.

On mesure le *glissement des brins* par la méthode stroboscopique décrite précédemment (³) en déterminant la variation de vitesse des brins menant et mené lorsqu'on fait fonctionner successivement chaque machine en génératrice et en réceptrice pour un couple sensiblement le même; le glissement

(¹) Séance du 20 décembre 1926.

(²) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 859.

(³) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 441 et 616.

des brins est le quotient de la différence des nombres d'éclipses qui se produit en une minute par le nombre de tours de l'une des roues.

Afin de comparer les glissements sur la poulie menante et sur la poulie menée, on mesure par la méthode stroboscopique ([1]) la différence de vitesse de la courroie ΔV entre les deux positions critiques d'adhérence de chacune des poulies. Je rappelle que pour chacun des sens de rotation d'une poulie, la position critique est déterminée par l'angle 15° à 20° que fait le rayon qui y aboutit avec le rayon de prise de contact de la courroie avec la poulie. Le glissement fonctionnel sur la poulie menante Φ_m ou sur la poulie menée Φ_g est le quotient de la variation de vitesse ΔV par la vitesse de la courroie sur la poulie.

Nous rapportons ici quelques exemples empruntés à de très nombreuses expériences concordantes faites à la vitesse linéaire de 12^m par seconde.

Dans le tableau suivant on indique dans les diverses colonnes :

1° La nature et le mode d'emploi d'une courroie $4 \times 80 - 320^{mm^2}$ de section;
2° La tension totale $T + t$ des brins menant et mené en kilogrammes;
3° La tension spécifique Θ du brin menant, en grammes par mètre carré;
4° Le couple C transmis en grammes-mètres;
5° Le glissement des poulies $V = \frac{N - n}{N}$ en dix-millièmes;
6° Le glissement des brins $g = \frac{V - v}{V}$ également exprimé en dix-millièmes;
7° La différence $\gamma - g$ en dix-millièmes;
8° Le glissement fonctionnel sur la poulie menante Φ_m;
9° Le glissement fonctionnel sur la poulie menée Φ_g.

Dans ces expériences le glissement des courroies est purement fonctionnel ; on s'en assure en traçant la courbe des glissements des poulies en fonction du couple transmis et en notant d'après ma Note précédente ([2]) l'invariabilité de la vitesse de la courroie au point *d'adhérence critique quand on passe* de la marche à vide à la marche en charge.

Cuir.	$T+t$.	C.	Θ.	γ.	g.	$\gamma-g$.	Φ_m.	Φ_g.
Fleur sur poulie.........	92	3200	192	48,7	25,5	23,2	31	31
»	120	3090	245	42	29	13	24	14
Chair sur poulie.........	93	3150	192	38	30	8	22	11
»	118	3220	234	33,4	29,6	3,8	19	19
Balata..................	92	3066	190	31,3	21	10,3	12	6
»	114	3225	226	31	20	11	12	2

Je me borne aujourd'hui à énoncer les résultats acquis avec certitude.

([1]) *Loc. cit.*
([2]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 859.

1° *Le glissement des poulies dépasse toujours le glissement des brins.*

2° *Pour un même couple transmis à une vitesse donnée, la différence* $\gamma - g$ *des deux glissements diminue quand la tension augmente en tendant vers zéro pour une tension supérieure à celle pratiquement utilisée.*

3° *Pour un même couple transmis à la même vitesse et à la même tension de pose, le glissement et la différence* $\gamma - g$ *sont plus grands quand la courroie cuir travaille fleur sur poulie que chair sur poulie.*

4° *Le glissement fonctionnel* Φ_m *sur poulie menante dépasse en général le glissement fonctionnel* Φ_g *sur la poulie menée d'une quantité* $\Phi_m - \Phi_g$ *de même ordre que* $\gamma - g$.

5° *Les trois glissements satisfont à l'inégalité* $\gamma > g > \frac{\Phi_m + \Phi_g}{2}$.

On explique rationnellement ces propriétés par une modification assez légère de la conception actuelle du fonctionnement des courroies.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur une construction très générale des profils d'ailes par transformation conforme d'un cercle.* Note (¹) de M. **Maurice Girault**, présentée par M. Rateau.

Soit Z une variable complexe, qui définit un point du plan d'un cercle dont on prend le centre comme origine et le rayon comme unité de longueur, et que nous appellerons cercle générateur du profil.

La transformation

$$z_1 = \frac{(Z+1)^2}{Z} = 2(1+\cos\theta)$$

fait décrire deux fois au point z_1 l'axe réel, entre les points d'abcisses 4 et 0, quand le point Z décrit le cercle générateur depuis $\theta = 0$ jusqu'à $\theta = 2\pi$.

La transformation

$$z_2 = 1 + \frac{ke^{i\mu}}{Z}$$

fait décrire au point z_2 une fois un cercle de rayon k, dont le centre est au point $+1$, à partir d'un point défini par μ, en sens inverse de celui que l'on a choisi pour parcourir le cercle générateur.

Les opérations

$$z = z_1 z_2, \qquad z = \frac{z_1}{z_2}$$

(¹) Séance du 20 décembre 1926.

font décrire au point z, pour des valeurs convenablement choisies de k et de μ, un contour qui a la forme d'un profil d'aile avec une pointe où l'extrados et l'intrados sont tangents, et qu'il est très facile d'obtenir graphiquement en portant, sur le rayon vecteur qui définit z_2, ou sur son symétrique, une longueur égale au produit ou au quotient des modules de $|z_1|$ et de $|z_2|$. Le module de $|z_2|$ se mesure sur l'épure; celui de $|z_1|$ est calculé une fois pour toutes en fonction de θ. On remarquera que la deuxième opération revient à décrire le cercle de rayon k en sens inverse du précédent en partant d'un point défini par l'angle $-\mu$.

La deuxième opération, avec $\mu < \pi$, donne les profils signalés par Joukowski [1] : la première, avec $\mu > \pi$, donne ceux signalés par M. C. Witoszynski [2].

On peut généraliser et modifier à l'infini les formes de profils en considérant les transformations successives

$$z_3 = 1 + \frac{k_3 e^{i\mu_3}}{Z}, \qquad z_4 = 1 + \frac{k_4 e^{i\mu_4}}{Z}, \qquad \ldots,$$

et en recommençant les multiplications ou les divisions, ce qui se traduira par des multiplications ou des divisions de longueurs, et par des additions ou des soustractions d'angles, mesurés sur l'épure.

En particulier, si l'on multiplie successivement par deux fonctions

$$z_3 = 1 + \frac{k_3 e^{i\mu_3}}{Z}, \qquad z_4 = 1 + \frac{k_3 e^{i(\mu_3 + \pi)}}{Z},$$

le produit

$$z_5 = 1 - \frac{k_3^2 e^{2i\mu_3}}{Z^2}$$

montre que z_5 décrit deux fois un cercle de rayon k_3^2 à partir du point défini par $2\mu_3$ quand Z décrit une fois le cercle générateur. On est conduit à des profils à double courbure.

A la pointe du profil, la tangente commune à l'extrados et à l'intrados est déterminée par l'argument du point correspondant au point $Z = \pi$.

On peut généraliser encore en choisissant convenablement une autre fonction de transformation

$$z_2 = f(Z).$$

---

(1) *Aérodynamique*, par N. Joukowski, traduit par S. Drzewiecki, 1916.

(2) C. Witoszinski, *La Mécanique des profils d'aviation* (*Revue générale de l'Aéronautique*, 4, 1924, p. 40).

Par exemple, si la variable z_2 décrit une portion seulement du cercle de rayon k, de telle sorte que les extrémités de l'arc décrit correspondent aux points $Z = + \pi$, $Z = - \pi$, l'extrados et l'intrados du profil obtenu formeront un dièdre.

Pour la précision graphique, il est bon de prendre pour unité de longueur une longueur du même ordre que la profondeur du profil que l'on veut dessiner et de réduire par homothétie les résultats précédents dans le rapport de 4 à 1.

ASTRONOMIE. — *Sur la qualité astronomique du ciel de la Haute-Provence.* Note de MM. **A. Couder**, **A. Danjon** et **A. Dufay**, présentée par M. Deslandres.

Grâce au concours de M. et Mme Dina, nous avons effectué en Haute-Provence deux campagnes d'observations systématiques, en nous proposant d'étudier la valeur de cette région comme emplacement d'un grand télescope. Elle nous avait été signalée par M. Esclangon comme la meilleure qu'on pût trouver en France. Elle se recommande en effet, *a priori*, par son climat méditerranéen, son éloignement de la mer et par la protection que lui assure une ceinture de montagnes. Sa climatologie diffère de celle des régions avoisinantes. Elle est caractérisée par une sécheresse exceptionnelle (5 à 6 jours de pluie par mois); par l'absence de vent (à Forcalquier, le vent ne dépasse 2^m par seconde que 21 jours par an); par l'uniformité de la température (variation annuelle, 20°; variation diurne, en toute saison, pour les journées ensoleillées, 12°). La nébulosité est identique à celle du Mont Wilson (192 nuits claires par an, réparties à peu près uniformément). La transparence de l'air est remarquable, hiver comme été (8 jours sur 10, la visibilité horizontale s'étend à plus de 80^{km}). Le brouillard est inconnu, la neige très rare en dehors de la montagne.

Les déductions favorables que l'on peut tirer de ces données météorologiques sont pleinement confirmées par les observations astronomiques que nous avons effectuées au cours des mois d'août et septembre 1924-1925, avec quatre petits instruments (deux télescopes de 32^{cm}, un de 21^{cm} et un réfracteur de 12^{cm}) dans les stations suivantes : en 1924, Saint-Geniez (1100^m), Mison (600^m) et Forcalquier (600^m); en 1925, Courbons (900^m), un peu au nord de Digne, et le Clos de Melly (900^m), à quelques kilomètres

de Forcalquier. Ces localités appartiennent au département des Basses-Alpes. Voici le programme des observations.

1° Chaque *sondage* comprend la détermination, d'après l'échelle étudiée par l'un de nous ([1]), de la caractéristique des images pour une quinzaine d'étoiles situées à toutes les distances zénithales. On construit la courbe de c en fonction de z, snr laquelle on relève la caractéristique C pour $z = 30°$. Nous ne pouvons détailler iéi les précautions qui ont été prises pour tenir compte de la différence d'appréciation des observateurs (du reste négligeable) et du diamètre de leurs instruments. Toutes les valeurs de C ont été ramenées à l'échelle correspondant à une ouverture de 16^{cm}, qui a été étalonnée en valeur absolue (*loc. cit.*). La nuit est bonne si C dépasse 4, elle est très bonne si C dépasse 4,5.

2° Pour chaque étoile, on observe en outre l'aspect des ombres volantes qu'on voit passer sur l'objectif, l'oculaire étant enlevé. Les ombres sont cotées respectivement 0,1 ou 2, suivant qu'elles sont colorées *fortement*, *nettement* ou *peu*. Si elles sont incolores, on les cote 3, 4 ou 5 suivant qu'elles sont visibles *nettement*, *faiblement* ou *pas du tout*. Les cotes traitées graphiquement fournissent la distance zénithale Z, limite de la scintillation chromatique, qui correspond sur la courbe à la cote 2,5.

Voici le résumé succinct des principaux résultats. La moyenne générale des valeurs trouvées pour C en Haute-Provence est 4,04; pour Z, 60°. A titre de comparaison, signalons qu'un autre observateur, M. Prudhomme, a obtenu simultanément les valeurs suivantes, au Salève, station de climat atlantique : $C = 3,11$ et $Z = 49°$.

Si nous appelons *nuits astronomiques* les nuits météorologiquement et astronomiquement belles (ciel pur, vent nul, C plus grand que 4,5), nous trouvons qu'une nuit sur cinq mérite cette appellation en Haute-Provence. A cet égard, les emplacements que nous avons explorés peuvent soutenir la comparaison avec les stations américaines. Nous avons pu trouver des éléments de comparaison pour le Mont Wilson. La discussion, qui trouvera place dans un autre Recueil, nous a montré que la proportion des nuits astronomiques y est *au maximum* d'une nuit sur 3, et qu'elle est probablement plus voisine d'une nuit sur 4.

En revanche, les autres stations de France où des sondages ont été effectués n'offrent que quelques nuits astronomiques *par an*. En effet, dans ces régions, les nuits pures donnent presque toujours des images agitées. En

([1]) A. Danjon, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1032.

Haute-Provence au contraire, on note une nuit d'images calmes sur deux nuits pures. En outre, on n'y constate pas d'altération progressive des images après minuit.

Les observations effectuées en diverses stations ont montré que la stabilité des images est à peu près indépendante de l'altitude, entre 600 et 1100^m. C'est un nouveau témoignage du calme et de l'homogénéité de l'atmosphère au-dessus de la Haute-Provence. Il ne serait donc pas nécessaire de s'écarter des bas plateaux et des régions habitables ; on éviterait ainsi les inconvénients ordinaires des observatoires de montagne.

PHYSIQUE. — *Formes et déformations d'ondes explosives.* Note [1] de M. TH. VAUTIER.

Nous avons montré [2] quelques-unes des formes explosives obtenues par notre méthode interférentielle; nous reproduisons ci-dessous quelques spécimens des formes d'ondes du pistolet chargé circulant dans la longue conduite cylindrique du Cours Gambetta à leurs passages devant l'interféromètre. On voit (*fig.* 1 et 2) la forme initiale de l'onde explosive et son évolution au cours de sa propagation dans la conduite. Les caractéristiques de cette onde sont : 1° un front totalement discontinu (*fig.* 1, pass. 1) depuis le début de l'onde jusqu'à quelques centaines de mètres de son départ; 2° à 1600^m la discontinuité subsiste mais sa hauteur est moins grande, elle va continuer à diminuer à mesure que le parcours augmente, le sommet s'est détaché du front, la distance front-sommet va croître lentement; 3° après un trajet suffisamment long, la discontinuité a disparu (*fig.* 1, pass. 9; *fig.* 2, pass. 3); l'onde se relie au milieu en repos par un raccord qui est anguleux et qui le restera, la ligne frontale continuera à s'incliner de plus en plus vers la droite et la distance front-sommet à croître lentement; l'étendue de l'onde ne cesse d'augmenter depuis le début et peut atteindre et même dépasser le double de sa valeur initiale.

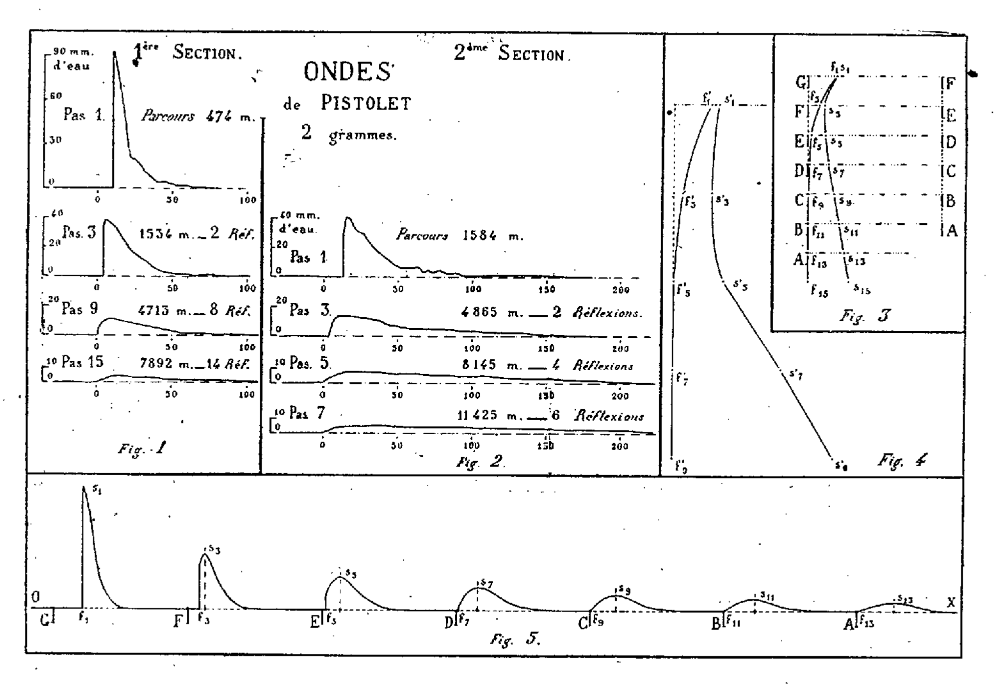
Les courbes *en regard* dans les figures 1 et 2 reproduisent les formes de deux ondes qui ont franchi des parcours à peu près égaux et dont la propagation diffère surtout par le nombre de réflexions. Ces courbes sont assez semblables, les deux premières se superposent à peu près. Dans le tableau

(1) Séance du 20 décembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 256, et **183**, 1926, p. 953.

suivant, les amplitudes et discontinuités sont en millimètres d'eau, les fronts-sommets en millièmes de seconde.

Passages.	Sections.	Trajet.	Réfl.	Front-sommet.	Amplitude.	Discontinuité.
		m			mm	mm
1........	2	1584	0	2,5	41	26
3........	1	1534	2	1,5	38,5	28,3
3........	2	4865	2	10,6	13,8	finie
9........	1	4713	8	7,8	11,4	»
5........	2	8145	4	16,5	8,0	»
9........	1	7892	14	14	4,4	»



Vitesse des fronts et des sommets. — La vitesse du front discontinu va en décroissant un peu à mesure que le trajet augmente, jusqu'à une *vitesse limite* que nous considérons comme la vitesse normale de l'onde. Ce résultat avait déjà été trouvé par Regnault et par nous-même. La vitesse prise entre passages 1 et 3 et la vitesse limite diffèrent d'environ $0^{m},67$ en section 1 et de $0^{m},35$ en section 2. Ces différences diminuent notablement quand la charge décroît. La discontinuité disparaît après 3 ou 4^{km}, tandis que la vitesse limite n'est atteinte qu'après 5^{km} (section 1) ou 8^{km} (section 2). La vitesse des sommets, d'abord égale à celle du front quand la discontinuité est totale, décroît constamment et tend aussi vers une limite inférieure

à la vitesse limite du front de $0^m,20$ en section 1, et de $0^m,50$ à $0^m,60$ en section 2.

Méthode graphique. — Pour suivre ces variations, considérons une onde de pistolet se propageant dans la section de 530^m et présentant 14 passages, prenons sur la ligne OX des segments égaux AB, BC, ... représentant chacun le temps de parcours correspondant à la vitesse limite que l'onde atteint dès son 9ᵉ passage; dessinons sur OX les formes schématiques de l'onde à ses passages impairs successifs : les fronts $f_1, f_3, \ldots, f_{13}$ délimiteront des longueurs f_1G, f_3F, f_5E, ... décroissantes jusqu'au passage 9 puisque c'est à partir de ce passage que le temps de parcours AB atteint la valeur constante correspondant à la vitesse limite de l'onde. Superposons maintenant les segments AB, BC, ..., EF, en les plaçant à des distances égales proportionnelles à la longueur des parcours; les points $f_1, f_3, \ldots, f_{13}$ figuratifs de l'origine des fronts pourront être reliés par une courbe (*fig.* 3) qui indiquera la décroissance de la vitesse, du passage 1 au 9ᵉ; la même méthode peut être appliquée à la représentation des variations d'un point quelconque de l'onde; quand une vitesse est constante les points figuratifs sont sur une ligne droite; si cette vitesse est égale à la vitesse limite choisie, la ligne est verticale; si elle lui est inférieure, les points figuratifs s'écartent vers la droite; si elle lui est supérieure, vers la gauche. Les courbes de droite (*fig.* 3 et 4) montrent la variation de vitesse des sommets. Les points $f'_1 f_3$, $f'_3 f_9$, $f'_5 f_{15}$, en regard sur les courbes, représentent les vitesses des fronts et sommets d'ondes qui ont effectué le même parcours aérien. Ces graphiques permettent de suivre la variation de la distance front-sommet figurée par les longueurs $f_3 s_3$, $f_5 s_5$, ...

THERMODYNAMIQUE. — *Principe de Carnot et principe de Clausius; énoncés divers.* Note de M. C. **Raveau**.

I. *a. Pour deux cycles réversibles* décrits entre les mêmes températures t_c, t_f, *le rapport des quantités de chaleur* Q_c, Q_f cédées par les sources *est le même;* sans quoi ce rapport pourrait, par combinaison de deux cycles, prendre une valeur quelconque, ce qu'on doit nier *a priori*.

Ne pas nier serait encore admettre qu'à tout cycle irréversible on puisse associer un cycle réversible capable de restituer intégralement aux sources les quantités de chaleur cédées au premier, ramenant ainsi toutes choses à l'état initial. Quel sens aurait alors le mot irréversibilité ?

Il ne paraît pas nécessaire : 1° d'ajouter : ne pas nier serait admettre la possibilité du mouvement ou, mieux, du changement perpétuel; 2° de faire appel, avec plus d'un auteur, à un principe d'irréversibilité qui s'énoncerait : *le réversible seul peut être renversé*, le sujet s'entendant de toutes les phases successives d'une transformation et l'attribut de la modification résultante, dont le renversement ramènerait à l'état initial un système isolé. Ce principe n'est qu'une définition de mot.

Ainsi, sans avoir raisonné sur les cycles accouplés, sans avoir, comme le fait inutilement Clausius, spécifié que tel phénomène est impossible plutôt que son contraire (ce qui ne changerait rien à la conclusion), on trouve que $(C) = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f}$ est nul pour les cycles réversibles.

b. *Pour les cycles irréversibles*, (C) *ne peut avoir qu'un signe;* sans quoi une combinaison de deux cycles pourrait l'annuler et un troisième cycle réversible pourrait ramener les sources à l'état initial.

c. Toute négation, comme celle de Clausius ou la remarque initiale de Carnot (insuffisance d'une seule source pour l'alimentation d'un cycle), entraîne *a* et *b*. Quand on admet *a* et *b*, on admet qu'en général *le contraire du possible est impossible;* aucune négation n'est plus nécessaire; l'affirmation des faits est équivalente.

II. *a*. T_c et T_f sont de même signe par symétrie. On les prend positifs.

b. Géométriquement, prenons $Q_c . Q_f$ comme coordonnées d'un point rapporté à deux axes cOc', fOf' et menons la seconde bissectrice dOd' (d dans fOc'). Les points de la demi-droite Od' représentent les chutes de chaleur sans travail. La question est : 1° de placer dans les octants convenables la ligne rOr' dont les points, accouplés symétriquement par rapport à O, représentent les cycles réversibles; 2° de reconnaître lequel des demi-plans qu'elle sépare contient les cycles exclus par le second principe.

Deux conditions sont nécessaires. Il ne suffit pas, avec Clausius, d'exclure la demi-droite Od (ou d'admettre Od') ni, avec Carnot, d'exclure Oc, Of (ou d'admettre Oc', Of'). Il faut exclure (ou admettre) l'un et l'autre ou faire l'équivalent. On voit immédiatement sur la figure que, *des quatre conditions* ci-dessous, *deux quelconques entraînent les autres*. Isolée, l'inégalité générale de Clausius exprime la remarque de Carnot :

$Q_c > 0$ (pour $Q_c + Q_f = 0$) (Clausius); $Q_{c \text{ ou } f} < 0$ (pour $Q_{f \text{ ou } c} = 0$) (Carnot);
$(T_c - T_f)(t_c - t_f) > 0$; $(C) \leqq 0$.

L'équivalence d'une chute de chaleur et d'une consommation de travail, trop évidente dans leur effet sur le rendement [1], ne permet cependant pas de

[1] Effet qui fournit des conditions à joindre aux précédentes.

négliger entièrement l'idée de Clausius, qui voyait dans tout cycle compris dans dOc' ou cOd' la superposition d'une chute de chaleur (ou l'inverse) et d'une production de travail (mesuré par la distance à dOd') aux dépens d'une seule source (ou l'inverse [1]).

C'est encore ce qui résulte de la forme (A) de l'inégalité de Clausius:

$$\text{(A)}\quad Q_c\left(\frac{1}{T_c}-\frac{1}{T_f}\right)+\frac{Q_c+Q_f}{T_f}\leqq 0. \qquad \text{(B)}\quad (Q_c+Q_f)Q_f\leqq 0;$$

(B) est l'inégalité relative aux cycles ci-dessus, qui passe à $Q_f=0$, $Q_c+Q_f=0$ pour $Q_c<0$, $Q_c>0$, et dans laquelle Q_f a un rôle privilégié.

a. Si l'on peut invoquer seulement la remarque initiale de Carnot ou la négation simple de Clausius, c'est en reconnaissant l'identité de la température thermodynamique avec un T, défini par les gaz parfaits, fonction croissante de la température. — *b.* Les auteurs qui ont cru pouvoir, de la seule remarque de Carnot, déduire $(T_c-T_f)(t_c-t_f)>0$ parlent expressément d'une chute de chaleur, ce qui revient à admettre le principe de Clausius, etc.

III. I*b* admis, il n'y a aucune raison de demander le signe de (C) aux phénomènes de chute de chaleur ou de consommation de travail qui ne comportent en réalité aucun cycle. Nous ne connaîtrions pas ces phénomènes [2] que nos idées ne devraient pas en être changées. Un exposé rationnel devrait énumérer sur le même pied tous les cas sur lesquels on pourrait lire le signe de (C) : les cycles comprenant les détentes irréversibles (Joule, Joule et Thomson, Clément et Desormes), la condensation par paroi froide, etc. Il faudrait aussi invoquer les déplacements de l'équilibre : système hétérogène (solide et liquide, solide et solution) passant d'un état métastable à un état stable, à p ou v constant; à t constant ou adiabatiquement; réactions chimiques par variation de p et t, etc.

IV. En vertu de l'existence des chutes de chaleur, la remarque initiale de Carnot peut s'énoncer : *Un cycle fermé ne peut être constamment endothermique*.

Donc un cycle qui absorbe 1 à t doit, à t', déposer un minimum m de chaleur, fonction des deux températures. Il n'est nécessaire d'invoquer la réversibilité que pour mettre m sous forme d'un quotient.

V. Je propose de mettre en évidence la similitude thermodynamique que proclame le principe de Carnot en disant : *Dans un cycle fermé la*

---

(1) Ce qu'on voit en prenant dOd' pour un des axes.
(2) Ni même la réversibilité, pourvu que l'angle exclu soit > 2 droits.

somme des quantités de chaleur réduites reçues ne peut être que nulle ou négative; la réduction est la division par le facteur que nous fait connaître l'équation $[(C)=0]$ qui traduit le principe dans un cas particulier.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle du mercure dans l'ultraviolet lointain.* Note de M. **Georges Déjardin**, présentée par M. Cotton.

MM. L. et E. Bloch ont reconnu, dans le spectre visible et dans l'ultraviolet ordinaire, l'existence de trois groupes de raies d'étincelle du mercure correspondant à des excitations d'intensité croissante (¹). Ces groupes, désignés provisoirement par E_1, E_2, E_3, doivent être vraisemblablement identifiés avec les spectres d'étincelle d'ordres successifs HgII, HgIII et HgIV, dont les centres d'émission sont les ions Hg^+, Hg^{2+} et Hg^{3+} (²).

En utilisant différentes sources (décharge oscillante dans un tube de silice sans électrodes, étincelle condensée entre électrodes de mercure et de cuivre), j'ai constaté que les trois spectres E_1, E_2 et E_3 se prolongent dans l'ultraviolet lointain, jusqu'à la limite de la région de Schumann. Les tableaux suivants renferment, pour chaque groupe, la liste des raies mesurées à 0,05 A près, sur de nombreux spectrogrammes.

Spectre E_1 (Hg II) (³).

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
3	2296,12	5	2230,04	1*d.*	2170,96	2*d.*	2091,57
0	93,65	10	24,77	1	66,24	1	66,65
4	91,92	0	19,66	1	54,72	0*d.*	61,92?
0	87,70?	1	16,31	5	47,93	0	60,28
5	63,61	0	09,06	2	44,67?	8	52,78
7	62,25	0	03,45	2*d.*	41,13	0	51,71
7	60,33	1	2195,48	2	38,25	0	50,01
0	55,51	4	90,74	1	22,38	3	42,18
0*d.*	54,53	1	83,15	1	16,36	1	37,62
7	52,82	1	80,87	1*d.*	13,36	0	35,07
2*d.*	47,70	1	75,40	1*d.*	00,84	0	31,64
0*d.*	40,89	0	71,82	0*d.*	2095,19	2	29,46

(¹) *Journ. de Phys.*, 6ᵉ série, 4, 1923, p. 333.

(²) Cette interprétation est légitimée, dans une certaine mesure, par les résultats fournis par la méthode du choc électronique (G. Déjardin, *Ann. de Phys.*, 10ᵉ série, 2, 1924, p. 241), et pour le spectre HgII, par la classification en séries, récemment esquissée par Carroll (*Phil. Trans.*, A, 634, 1926, p. 357).

(³) Les raies pour lesquelles le classement comporte quelque incertitude sont indiquées par un point d'interrogation.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
0	2028,19	1	1977,29	4	1947,85	1	1915,22
7	26,73	2*d.*	74,95	0	47,32?	2	04,04
5	22,19	4	73,06	1	46,76	3	1899,46
1*d.*	20,90	0	68,48?	1*d.*	43,49	0	95,34
1	17,13	2*d.*	67,43	10	41,52	1	91,46
0	15,04	0	67,02?	3	39,47	1	89,05
0	10,24	1	65,08	0	34,88	0	88,34?
2	04,57	0	58,57?	2*d.*	33,80	0	86,60?
1	00,73	4	56,56	1	33,11	1	74,80
0*d.*	1999,92	0	55,17?	1	28,29	0	71,05?
6	87,08	0	54,1 ?	3	26,85	0*d.*	69,21?
2	80,80	0	52,6 ?	0*d.*	25,81?	0*d.*	67,86?
4	78,08	1	52,31	0	18,44?	0	60,10?

Spectre E_2 (Hg III).

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
1	2301,22	0	2186,89?	0	2107,65	2	2007,29
3	2294,44	0*d.*	77,85	0	06,92	6	1994,72
0	92,97	0	74,22	0	2092,58?	1	80,40?
0	80,33	0	65,19?	0*d.*	74,47?	3	72,72
3	69,92	1	49,08	3	58,49	1	69,84
7	44,36	1	46,40	4	54,61	1	51,48
4	34,02	1	36,34	0	45,44?	1	49,61
1	28,36	0	29,86	0	44,44?	2	44,48
0	17,83	0	28,45	2	32,20	2	15,82
5	14,47	1	19,76	0	30,29?	1	1894,06
0	10,19	0	17,03?	0	13,51?		
1	2194,67	0	15,64?	3	08,55		

Spectre E_3 (Hg IV).

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
2	2277,46	0	2147,14?	0	2004,24	0	1953,16
3	32,39	1	2084,00	0	1997,42	0	23,81
0	06,64	0	70,60	0	90,36	0	17,97
2	2180,10	0	65,87	3	84,90	0	06,30
2	69,49	0	12,06?	0	81,96?	1	1897,64
3	55,69	3	06,85	0	59,59?	0	81,31?

Les listes précédentes, qui renferment un grand nombre de raies nouvelles (1), établissent la liaison complète entre les déterminations de Stiles,

(1) Les mesures de Bayen (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 507) ne portent que sur 35 raies environ, dans l'intervalle 2050 A-1870 A. Elles ne sont accompagnées d'aucune classification.

Cardaun, etc., dans l'ultraviolet ordinaire et celles de Lyman, L. et E. Bloch et Carroll dans l'ultraviolet extrême. Il n'existe, entre 2150 et 1850 A, que deux raies (2001,91 et 1972,10) possédant à peu près les mêmes caractères d'évolution que les raies d'arc sériées des régions moins réfrangibles. Elles sont émises avec une assez grande intensité par la lampe ordinaire en quartz, en même temps que la raie d'étincelle 1941,52. Dans la classification de Carroll, cette dernière raie est la composante $1s\text{-}2p_2$ du premier doublet principal du spectre Hg II. Elle est en effet la seule dont on observe le renversement dans le spectre des étincelles condensées mercure-cuivre. La raie intense 2224,77 ($2p_1\text{-}3d_1$, d'après Carroll) du « doublet de Rydberg » est, dans ces conditions, fortement diffuse, mais non renversée.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption des rayons β par la matière.* Note de M. **Herbert Brennen**.

M. Georges Fournier [1] a montré que le coefficient massique d'absorption $\frac{\mu}{\rho}$ des rayons β suit une loi simple et aussi remarquable, savoir

$$\frac{\mu}{\rho} = a + bN, \tag{1}$$

où N est le nombre atomique de l'élément absorbant, a et b sont des constantes pour une seule espèce des rayons, mais ils varient avec la nature des rayons et le rapport $\frac{a}{b}$ est approximativement constant et égal à 105 pour les rayons très différents.

De plus, il a montré [2], pour les corps composés, que $\frac{\mu}{\rho}$ est donné par la loi d'additivité suivante :

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{x P_x \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_x + y P_y \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_y}{M}, \tag{2}$$

où $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_x$ et $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_y$ sont les coefficients massiques d'absorption des éléments X et Y ; P_x et P_y sont les masses atomiques des éléments X et Y ; x et y sont

(1) Voir G. Fournier, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 284 et 1490; aussi Mme Lattès et G. Fournier, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 855 et 1135.

(2) Voir G. Fournier, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 37 et 200.

les nombres des atomes de X et Y ; M est la masse moléculaire du corps composé et est égale à $xP_x + yP_y$. On peut généraliser cette expression, ce qui devient, quand on fait les insertions des valeurs de $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_x$, $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_y$, $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_z$, ..., selon (1),

$$(3) \qquad \frac{\mu}{\rho} = a + b\,\frac{xP_xN_x + yP_yN_y + zP_zN_z + \ldots}{xP_x + yP_y + zP_z + \ldots} = a + b\,\frac{\Sigma xP_xN_x}{\Sigma xP_x},$$

où N_x, N_y, N_z, ... sont les nombres atomiques des éléments X, Y, Z, ...

Selon la formule du coefficient massique d'absorption des rayons β de M. Fournier, savoir (2), ou la formule modifiée, savoir (3), les valeurs de $\frac{\mu}{\rho}$ pour les molécules isotopiques (c'est-à-dire les molécules qui contiennent les mêmes éléments mais les différents isotopes d'un élément) telles que HCl^{35} et HCl^{37} seraient différentes; ce qui me semble très improbable puisque le coefficient massique d'absorption des rayons β dépend du nombre atomique, et non pas du poids atomique, de l'élément absorbant. D'où il me semble plus probable que, dans une molécule, un atome intervient en ce qui concerne son coefficient massique d'absorption des rayons β proportionnellement à son nombre atomique, et non pas proportionnellement à sa masse atomique, comme l'admet M. Fournier. Alors, en remplaçant P_x, P_y, P_z, ... par N_x, N_y, N_z, ... la formule (3) devient

$$(4) \qquad \frac{\mu}{\rho} = a + b\,\frac{(\Sigma xN_x^2)}{(\Sigma xN_x)}.$$

On peut regarder $\frac{\Sigma xN_x^2}{\Sigma xN_x}$ comme le nombre atomique équivalent de la molécule. Dans les cas où N_x, N_y, N_z, ... sont approximativement égales on peut simplifier (4), savoir :

$$(5) \qquad \frac{\mu}{\rho} = a + b\,\frac{(\Sigma xN_x)}{(\Sigma_x)}.$$

Le tableau suivant donne les valeurs de $\frac{\mu}{\rho}$ calculées selon (3), (4), (5), aussi bien que les valeurs expérimentales pour les corps, nommés normaux par M. Fournier quand on utilise les rayons β de Ra E, dont les valeurs des constantes, a et b, sont 15,0 et 0,142, respectivement.

Substance.	$\frac{\mu}{\rho}$ calculé selon (3).	(4).	(5).	$\frac{\mu}{\rho}$ expérimental.
SiO^2	16,5	16,5	16,4	16,3
MnO^2	17,7	17,6	16,9	17,8
MgO	16,5	16,5	16,4	16,5
Al^2O^3	16,5	16,5	16,4	16,8
BO^3H (¹)	16,0	16,1	15,9	16,2
KBr	19,2	19,2	18,8	19,2
NO^3Na	16,2	16,2	16,2	16,2
NO^3K	16,7	16,7	16,4	(16,7)?
$C^{10}H^8$	15,8	15,8	15,5	15,8
$C^6H^3N^3O^7$	16,0	16,0	15,9	15,9
CCl^4	17,3	17,3	17,1	17,1

On peut voir que la formule (4) donne des résultats aussi bons, sinon meilleurs, que la formule moins logique (2), ou son équivalent (3) de M. Fournier. On voit aussi que la formule (5) donne des résultats qui concordent avec ceux de l'expérience quand les nombres atomiques des atomes dans la molécule ne sont pas trop différents, mais dans le cas contraire les valeurs calculées par (5) sont trop faibles.

GÉOLOGIE. — *Compléments sur la géologie du cirque de Sales (Chaîne des Fis, Haute-Savoie).* Note [2] de MM. **Léon-W. Collet** et **Robert Perret**, présentée par M. Pierre Termier.

Désirant collaborer bénévolement au grand travail de révision de la feuille *Annecy* de la Carte géologique de la France entrepris par Léon Moret, nous avons levé presque entièrement la carte géologique détaillée au $\frac{1}{20\,000}$ de la vallée de Sales et du cirque des Fonts, sur la base de la carte topographique dressée par l'un de nous [3]. Nos levés nous permettent

---

(¹) Ceci est la formule donnée par M. Fournier mais la substance employée était très probablement l'oxyde borique, B^2O^3 ; les valeurs de $\frac{\mu}{\rho}$ de cette substance, calculées selon (3), (4), (5), sont toutes 16,0.

(²) Séance du 20 décembre 1926.

(³) Robert Perret, *Carte de la Vallée de Sales et du Cirque des Fonts* $\frac{1}{20\,000}$. Paris, Henry Barrère, 1922; *Notice sur la carte au* $\frac{1}{20\,000}$ *de la Vallée de Sales et du Cirque des Fonts* (Alpes calcaires du Faucigny). Paris, Henry Barrère, 1922.

de signaler, dans le cirque de Sales, quelques faits intéressants qui complètent sur plusieurs points une publication de l'un de nous (¹).

Nous avions remarqué depuis longtemps la diminution considérable de l'épaisseur du Crétacé supérieur dans la coupe naturelle des Rochers des Fis, de la Pointe de Sales à la pointe d'Anterne, par la Pointe de Chardonnière et la Tête à l'Ane. Nous avons retrouvé le même phénomène, plus à l'Ouest, dans le cirque de Sales, où le Crétacé supérieur sur le versant Ouest de la Pointe d'Anterne-Pointe d'Ayère, à l'altitude de 2500^m environ, *ne mesure que* 5-6^m. Par contre, sur le versant gauche du cirque de Sales, la même formation atteint 150^m environ.

Le Nummulitique, sur le versant Ouest de la Pointe d'Anterne-Pointe d'Ayère, débute au contact avec le Crétacé supérieur, par des calcaires à Nummulites ou par un niveau de conglomérats dont l'épaisseur n'est que de 0^m,10 à 0^m,20. La base de Nummulitique étant formée, sur le versant gauche du cirque de Sales, par d'épais conglomérats, il devient nécessaire de reprendre l'étude du Nummulitique de Platé et de Sales pour déterminer ses relations avec le Crétacé supérieur sous-jacent.

La plupart des auteurs qui ont traité de la géologie du vallon de Sales (Necker, Maillard, Douxami, Collet, Moret) ont reconnu l'existence de deux couches de Gault qui s'expliquent par la présence d'un pli-faille. L'un de nous (L. W. Collet) a signalé en 1910 l'existence du Cénomanien fossilifère au-dessus de ces deux couches de Gault. Or nos levés détaillés nous ont montré la présence d'une troisième couche de Gault et de Cénomanien sur le versant Ouest de la Pointe d'Anterne-Pointe d'Ayère, sous le Crétacé supérieur dont il a été question plus haut. Cette troisième couche se raccorde à la seconde par un synclinal peu prononcé. Le plongement des couches, qui est à peu de chose près parallèle à la surface du terrain, explique la présence de lambeaux de Gault au sommet de la Pointe d'Ayère.

Le seul auteur qui ait signalé cette couche de Gault et de Cénomanien est Brongniart. Abstraction faite des hauteurs exagérées, les dessins de la planche VIII de cet auteur sont exacts en ce qui concerne la partie élevée du cirque de Sales. La neige n'avait pas permis à Brongniart de toucher des mains ce qu'il avait vu de loin, et les fossiles qu'il cite furent recueillis par Beudant en 1818. Parmi ceux-ci *Scaphites obliquus* et *Ammonites*

(¹) Léon W. Collet, *Les Hautes-Alpes calcaires entre Arve et Rhône* (*Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. de Genève*, **36**, 1910, p. 509).

varians conduisirent Brongniart [1] *à considérer qu'une partie des Grès verts des Fis était l'équivalent de la Craie chloritée de Rouen,* c'est-à-dire du Cénomanien. Cette conclusion fut considérée comme inexacte par les auteurs qui s'occupèrent dans la suite de cette question. Nous avons vu plus haut que l'un de nous avait reconnu l'existence du Cénomanien à Sales, prouvé par la présence de *Schlœnbachia varians, Acanthoceras Mantelli,* etc. Nous avons trouvé au-dessus de la troisième couche de Gault, dans les calcaires à glauconie, les fossiles suivants qui prouvent également l'existence du Cénomanien : *Schlœnbachia varians* Sow. (27 exemplaires); *Acanthoceras Mantelli* Sow. (40 ex.); *Acanthoceras laxicosta* Lamk. (2 ex.); *Turrilites costatus* Lamk. (2 ex.); *Turrilites tuberculatus* Bosc. (2 ex.); *Turrilites Gravesianus* d'Orb. (3 ex.); *Turrilites Bergeri* Brong. (20 ex.). Les conclusions de Brongniart étaient donc exactes, comme le prouvent les fossiles ci-dessus qui proviennent du gisement trouvé par Beudant.

Par disparition de la glauconie, le Cénomanien passe sans limite tranchée aux calcaires sublithographiques du Crétacé supérieur. Il n'est pas exclu que la base de ces calcaires sublithographiques puisse encore, dans certains cas, appartenir au Cénomanien, comme paraît le prouver un exemplaire de *Turrilites costatus* que nous avons trouvé dans ces calcaires, mais dont le moule interne contient de la glauconie. Il ne peut s'agir d'un fossile roulé ou remanié, l'ornementation est trop fraîche. Comme on trouve près des Chalets de Sales, au-dessus de calcaires sublithographiques, une réapparition de glauconie, ce fait n'est pas pour nous étonner.

GÉOLOGIE. — *Glauconie actuelle dans la zone néritique.* Note [2] de M. **Louis Dangeard**, présentée par M. Pierre Termier.

Les observations des océanographes ont fait connaître que la *glauconie* se forme actuellement dans les dépôts marins *terrigènes* et s'observe à l'état de grains verts et de moules d'organismes (Foraminifères). La glauconie se trouve en petite quantité dans les *boues bleues;* elle est presque absente dans les *vases à Globigérines;* au contraire, elle constitue une grande partie des *boues vertes* et des *sables verts* qui « sont presque toujours développés le long

(1) Alexandre Brongniart, *Sur les caractères zoologiques des formations, avec l'application de ces caractères à la détermination de quelques terrains de Craie* (*Annales des Mines*, 1re série, 6, 1821, p. 560).

(2) Séance du 20 décembre 1926.

des côtes escarpées et exposées où aucun grand fleuve n'apporte des matières détritiques dans la mer, à une profondeur n'excédant généralement pas 2000^m » (¹).

Ces observations anciennes, qui s'appliquent généralement aux sédiments de la *zone bathyale* (200 à 1000^m de profondeur), peuvent être complétées par l'étude détaillée des sédiments de la *zone néritique* (0 à 200^m de profondeur).

Les croisières du *Pourquoi-Pas?* m'ont fourni l'occasion de recueillir de très nombreux sédiments dragués à la surface du *plateau continental* en Manche, dans l'Atlantique et en Méditerranée. J'avais remarqué depuis plusieurs années que les sables de la Manche contiennent souvent de la glauconie provenant du remaniement de sédiments anciens (calcaires glauconieux éocènes, craies glauconieuses), mais j'ai pu dernièrement observer de la glauconie actuelle formée à l'intérieur d'organismes variés. M'inspirant de la technique utilisée récemment par mon collègue M. Milon (²), qui a signalé la présence de nombreux moules glauconieux dans les faluns miocènes de l'Ouest, j'ai traité les sédiments par l'acide chlorhydrique et obtenu les résultats suivants :

A. Méditerranée. — Les sables vaseux et les vases de la plate-forme continentale peuvent contenir une grande quantité de glauconie formée à l'intérieur d'organismes très divers : Foraminifères, Bryozoaires, Polypiers, organismes perforants des coquilles.

Exemples : *Station* **321**, sur le Banc des Blanquières, à 160^m de profondeur. — J'ai observé de nombreux moules glauconieux de Foraminifères (Globigérines, Miliolidés), de Bryozoaires, de Polypiers, etc.

Station **301**, au large d'Almeria, à 60^m de profondeur. — Vase coquillère montrant la plupart des organismes calcaires farcis de glauconie : Globigérines, Polystomelles, Miliolidés, Bryozoaires, Gastropodes, etc.; la glauconie pénètre dans les perforations les plus fines des coquilles de Mollusques.

B. Océan Atlantique. — Les sédiments du golfe de Gascogne m'ont fourni des moules glauconieux actuels moins abondants qu'en Méditerranée.

Exemple : *Station* **1079**, au large de la côte des Landes, à 119^m de profondeur. — On observe surtout la glauconie à l'intérieur des Foraminifères et en particulier des Globigérines.

(¹) L. Collet, *Les dépôts marins*, Paris. 1908, p. 186.

(²) Y. Milon, *Nouveaux gisements de faluns à Plouasne* (*Côtes-du-Nord*) *et présence de la glauconie dans les faluns de Bretagne* (*Bull. Soc. géol. et minér. de Bretagne*, 6, III-IV, 1926, p. 261).

C. Manche. — J'ai pu mettre en évidence la formation de glauconie actuelle à toutes les profondeurs, depuis l'entrée occidentale de la Manche jusqu'au *district littoral*. Il faut remarquer que beaucoup de moules d'organismes provenant de la Manche ne montrent pas l'aspect de glauconie typique : ils doivent cependant appartenir à la famille chimique de la glauconie ou représenter un stade de sa formation.

Exemples : *Station* 2027 (au large de l'entrée occidentale de la Manche, à 135^m de profondeur). — La glauconie s'observe assez souvent à l'intérieur du test des Spirorbes qui sont fixés sur des coquilles actuelles (*Venus ovata*, *Pectunculus glycimeris*), et aussi dans les canaux du test des Balanes.

Station 256 (au sud du cap d'Antifer, à 25^m de profondeur). — La glauconie se trouve surtout sous forme de moules de Foraminifères (Miliolidés, *Rotalia Beccarii*), et d'organismes perforants.

Plage d'Hillion (Côtes-du-Nord). — Le sable de la plage m'a fourni quelques moules glauconieux, parmi lesquels les moules de *Rotalia Beccarii* sont abondants.

Estuaire de la Rance. — Un échantillon de sable calcaire dragué au fond de l'estuaire m'a montré de la glauconie en petite quantité à l'intérieur des perforations de coquilles.

Cette étude permet de formuler les conclusions suivantes :

1° La glauconie peut se former actuellement dans toute l'étendue de la zone néritique. On l'observe même aux très faibles profondeurs et jusque dans les dépôts de plages et les sédiments des estuaires. Je puis la signaler aux profondeurs suivantes : 160^m, 135, 119, 102, 60, 50, 48, 38, 31, 25, 21, 16, 8, 0 ; mais il sera possible de multiplier à l'infini ces observations et d'étudier ainsi les conditions de la répartition géographique et bathymétrique de la glauconie.

2° La glauconie se trouve surtout dans les loges de Foraminifères, de Bryozoaires, à l'intérieur des Polypiers, des Spirorbes, des Balanes, des petits Gastropodes, etc. Elle semble trouver un milieu particulièrement favorable à sa formation dans les perforations très variées des coquilles.

3° La glauconie actuelle peut se trouver mélangée à de la glauconie fossile ou subfossile dont il importe de la distinguer, de même qu'il importe de séparer les sédiments marins actuels des dépôts anciens qui sont souvent remaniés au milieu d'eux.

PALÉOBOTANIQUE. — *La zone à* Mixoneura *du Westphalien supérieur.* Note (1) de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Ch. Barrois.

Le *Mixoneura ovata* Hoffmann est une Neuroptéridée, originaire de l'assise de Piesberg en Westphalie, où il est associé aux espèces suivantes : *Neuropteris Scheuchzeri*, *N. tenuifolia*, *N. rarinervis*, *Linopteris sub-Brongniarti*, *L. Münsteri*, *Sphenopteris neuropteroides*. La même flore se retrouve à Liévin dans l'assise de Bruay et il est très probable que l'un des *Mixoneura*, récoltés à Liévin, est identique au type d'Hoffmann. L'assise de Bruay-Piesberg surmonte directement le niveau marin de Rimbert (= Aegir en Westphalie = Petit-Buisson en Belgique).

Or les descendants du *Mixoneura ovata*, à peine différents de leur précurseur, mais d'apparence plus vigoureuse, s'épanouissent avec une ampleur extraordinaire dans une assise du bassin de la Sarre, située à environ 500^{m}. au-dessus de l'assise de Bruay. L'apogée de ces *Mixoneura* (*Mixoneuræ exaltatæ* P. B.) est un des phénomènes les plus impressionnants de l'histoire des plantes fossiles.

Dans le Gard, la zone d'apogée des *Mixoneura* (*Neuropteris flexuosa* Gr. Eury) mesure 630^{m} d'épaisseur. Cette zone se poursuit aux mines de La Mure (Isère) et en Haute-Savoie (gisements de Moède, du Coupoz, etc.).

Dans le bassin de la Sarre, la même zone mesure de 400 à 600^{m} d'épaisseur : c'est l'assise des Flambants supérieurs de Sarrebrück. Les formes de la Sarre ont été signalées sous les noms de *Neuropteris obovata* et de *N. ovata*. Les *Mixoneura* abondent de même en Saxe et en Bohême à Miröschau. Ceux de Saxe ont été figurés par Gutbier sous le nom de *N. flexuosa* (Zwickau, *Pl. VII*) et ceux de Miröschau par Sternberg sous les noms de *N. obovata*, *N. plicata* et *N. acutifolia* (*Versuch.*, *Pl. XIX*).

Dans le bassin du Donetz, les *Mixoneura* ont été découverts en 1907 par M. Zalessky. Ils sont accompagnés des mêmes espèces que dans le Gard, savoir : *Pecopteris lamurensis*, *Sphenophyllum emarginatum*, *Linopteris neuropteroides*, forme *minor*.

Les *Mixoneura* du type de l'*ovata* sont connus également en Grande-Bretagne dans la série de Radstock et en Amérique à Mazon Creek (Illinois).

Les formes, récoltées dans ces diverses régions ne présentent entre elles que des différences secondaires, dues aux conditions locales d'adaptation et d'évolution. Ce sont des variétés, des mutations, issues du *Mixoneura ovata* Hoffmann.

---

(1) Séance du 20 décembre 1926.

En résumé, les *Mixoneura* du type de l'*ovata* caractérisent par leur fréquence une zone bien déterminée du terrain houiller; cette zone représente l'assise la plus élevée du Westphalien supérieur. Immédiatement sous-jacente à l'étage de Rive-de-Gier (= série supérieure de Molières) dans le Gard, aux couches d'Ottweiler dans la Sarre, elle est séparée du sommet de l'assise de Bruay (= division supérieure des Charbons gras de la Sarre) par les 500^{m} de la zone à *Pecopteridium Defrancei* (= Flambants inférieurs de Sarrebrück).

FLORE COLONIALE. — *Sur le* Yocco, *plante à caféine originaire de Colombie.* Note (1) de M. É. DE WILDEMAN, présentée par M. H. Lecomte.

Dans une Note du 14 juin dernier MM. Perrot et Rouhier ont fait connaître la teneur en caféine de l'écorce d'une liane, dont les éléments avaient été envoyés en France par le Consul de Colombie et par M. Fl. Claes (de Bruxelles) (2).

En même temps que M. Fl. Claes faisait parvenir du Yocco à Paris, il en envoyait en Belgique; des écorces et des rameaux feuillus et fleuris furent analysés par M. Michiels. Ce dernier publia sur le Yocco, sans avoir eu connaissance de la Note de MM. Perrot et Rouhier, une étude insérée dans le *Bulletin de l'Académie de Médecine* (3) et, à la suite des indications que je lui avais fournies, il put indiquer le genre auquel appartient le Yocco.

C'est un *Paullinia* (Sapindacée), dont j'ai pu poursuivre la spécification grâce à l'intervention du Jardin botanique de Kew qui possède des échantillons types du *Paullinia scarlatina* Radlk. auquel il faut rapporter la plante des récoltes de Fl. Claes.

M. Michiels a, sur ma demande, fait ensuite analyser par M. Denis un certain nombre de feuilles d'autres espèces du même genre *Paullinia*, prises dans l'Herbier du Jardin botanique de Bruxelles, et chez aucune de ces espèces on n'a pu jusqu'à ce jour, peut-être par suite de matériaux insuffisants, déceler la présence de caféine. *Paullinia scarlatina* est donc la

(1) Séance du 6 décembre 1926.

(2) Cette Note a été reproduite dans le *Bull. des Sc. pharmacologiques de Paris*, 33, VIII-IX, 1926, p. 537.

(3) MICHIELS et DENIS, *Sur la liane Yocco, drogue à caféine du genre* Paullinia (*Bull. Acad. roy. Médecine de Belgique*, 5e série, 6, VII, 26 juin 1926, p. 424).

seconde espèce de ce genre *Paullinia* renfermant de la caféine; la première, *P. sorbilis* Mart., est bien connue par sa teneur en alcaloïde et son extrait sert couramment, dissous dans l'eau, de boisson tonifiante dans certaines régions de l'Amérique du Sud.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les variations de l'intensité respiratoire du* Sterigmatocystis nigra *au cours du développement*. Note (¹) de M. **A. Hée**, présentée par M. L. Guignard.

Dans nos recherches sur les rapports qui peuvent exister entre la composition chimique d'un végétal et l'intensité de son métabolisme, nous avons été amené à évaluer la respiration d'une moisissure : le *Sterigmatocystis nigra*, à différents stades de son développement, et ceci en opérant sur des cultures faites sur milieu nutritif normal et mises ensuite à respirer sur des milieux privés d'azote ou ne renfermant ni substance azotée, ni hydrates de carbone. Dans l'un et l'autre cas, la suppression de la source azotée avait pour but d'arrêter ou tout au moins d'atténuer autant que possible la croissance du champignon. Les expériences à l'inanition hydrocarbonée n'ont été faites qu'à titre de comparaison et de contrôle.

Divers auteurs, notamment Puriewitsch, Fleroff et Kosinski, ont déjà fourni des données expérimentales sur les échanges gazeux de différents champignons placés soit à l'inanition complète, soit sur des liquides de composition variée ou encore sur des milieux nutritifs privés de certaines substances nécessaires au développement normal de ces organismes. Ces physiologistes ont constaté l'abaissement de l'intensité respiratoire avec l'âge des cultures, mais il n'ont pas suivi d'une façon régulière la marche du phénomène, et, de plus, leurs mesures n'ont été faites qu'à titre purement comparatif, sans tenir compte du poids des mycéliums employés. Or, dans les recherches qui nous occupent, la connaissance du poids des cultures est absolument nécessaire; c'est pourquoi nous avons fait l'étude systématique de la respiration du *Sterigmatocystis nigra* à différentes périodes de développement.

La technique employée sera décrite en détail dans un travail plus étendu; elle consiste essentiellement dans l'évacuation par la méthode du déplace-

---

(¹) Séance du 20 décembre 1926.

ment et par l'absorption, par une solution de potasse, du gaz carbonique dégagé par un ou plusieurs myceliums placés à l'obscurité et à 20°.

Les résultats expérimentaux sont condensés dans les tableaux ci-dessous :

Age.	Nombre de mesures.	Poids sec moyen d'une culture (en grammes).	Intensité respiratoire (milligrammes CO^2 par gramme sec et par heure).
Série A.			
Respiration sur milieu salin de Czapek + 3 pour 100 de glucose.			
48-52 heures........	19	1,2443	23,9
3 jours...........	15	1,2263	14,0
4 »	16	1,0234	9,1
5 »	15	0,9460	5,7
6 »	14	0,8664	4,2
7 »	13	0,8891	3,0
9 »	13	0,8408	2,1
12 »	13	0,7811	1,4
Série B.			
Respiration sur milieu salin de Czapek.			
48-56 heures........	14	1,1124	10,2
3 jours...........	15	1,1183	6,4
4 »	12	1,0012	4,7
5 »	12	0,9345	3,1
7 »	12	0,8693	1,7
9 »	12	0,8532	1,2

L'examen de ces résultats apporte confirmation du fait signalé par Molliard de la baisse progressive du poids sec des cultures à partir du 2ᵉ ou du 3ᵉ jour, ce qui correspond à l'apparition des appareils conidiens et est en relation avec l'épuisement partiel du milieu nutritif. Les chiffres mettent en outre nettement en évidence la décroissance rapide, avec l'âge de l'intensité respiratoire des myceliums de *Sterigmatocystis nigra*, décroissance telle que, le 9ᵉ jour, la valeur des échanges gazeux ne représente plus qu'environ le dixième de ce qu'elle était le 2ᵉ jour. D'autre part la comparaison des résultats montre que le phénomène a exactement la même allure dans les deux séries expérimentales; il est donc essentiellement sous la dépendance de l'âge. Toutefois, à l'inanition hydrocarbonée, quand la mucédinée est obligée pour vivre de faire appel au matériel combustible de ses réserves cellulaires, la respiration diminue d'une façon sensible, elle

n'atteint alors que 44 à 57 pour 100 de la valeur qu'elle présentait, pour un même stade de développement, lorsque le champignon avait à sa disposition dans le substratum un hydrate de carbone assimilable.

Il résulte de ces données expérimentales que, s'il existe vraiment une relation entre la constitution chimique d'un organisme végétal et son intensité respiratoire, les variations importantes que l'on observe, d'un jour à l'autre, dans les échanges gazeux d'un champignon tel que le *Sterigmatocystis nigra*, doivent se traduire à l'analyse chimique par des variations correspondantes de l'un ou de plusieurs de ses constituants.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *L'adrénaline existe-t-elle à l'état totalement libre dans les capsules surrénales fraîches?* Note (¹) de MM. **G. Mouriquand** et **A. Leulier**, présentée par M. Widal.

Au cours de recherches sur la biochimie de l'avitaminose C chez le cobaye, nous avons constaté que les surrénales perdaient une quantité considérable de cholestérine alors que le taux de cette substance restait sensiblement normal dans le sang et dans les organes tels que le foie, la rate et le poumon (²). Nous nous sommes alors demandé si le déséquilibre observé dans la composition chimique de la corticosurrénale se retrouvait dans la partie médullaire et si la teneur en adrénaline ne subissait pas un abaissement parallèle à celui de la cholestérine.

Mais avant de soumettre cette hypothèse au contrôle expérimental, nous avons cherché une méthode de dosage de l'adrénaline. Celle qu'a préconisée Bailly (³) donne d'excellents résultats lorsqu'on l'utilise pour les solutions d'adrénaline et les poudres de surrénales commerciales.

D'après Fabre (⁴) ce procédé chimique (⁵) donne des indications parfaitement concordantes avec celles des essais physiologiques. En suivant rigoureusement la technique de cette méthode et en utilisant des surrénales

(¹) Séance du 20 décembre 1926.

(²) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1699, et **181**, 1925, p. 434.

(³) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 7ᵉ série, **30**, 1924, p. 404.

(⁴) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 8ᵉ série, **4**, 1926, p. 81 et suiv.

(⁵) Rappelons qu'il est basé sur une réaction de coloration obtenue par addition de chlorure mercurique à une solution d'adrénaline additionnée d'acétate de soude. L'intensité de teinte rouge qui se développe est proportionnelle à la teneur en adrénaline et possède son éclat maximum après trois minutes.

fraîches de cobayes, nous avons observé certaines particularités qui font l'objet de cette Note.

Après quelques tâtonnements nous avons adopté pour nos expériences le protocole suivant. Dans chaque groupe six cobayes sont assommés et les capsules prélevées avec la plus grande célérité possible. Elles sont divisées en deux lots formés de parties égales alternativement de glandes droites et de glandes gauches. L'un d'eux est pesé immédiatement et broyé avec du sulfate de soude anhydre de façon à former une poudre homogène qui est mise en macération suivant les indications de Bailly.

Le deuxième lot, après pesée, est placé dans un dessiccateur à acide sulfurique où l'on fait le vide. Il est conservé pendant 24 heures et c'est au bout de ce temps que l'on procède au dosage dans les mêmes conditions que précédemment.

Voici les faits observés et les résultats obtenus.

A. — *Capsules surrénales fraîches.*

		I.	II.	III.	IV.
Prise d'essai		2g,286	1g,921	1g,497	1g,302
Volume total du liquide de macération.		50cm³	50cm³	50cm³	50cm³
Dosage après 30 min. de macération (1).	sur 2cm³,0	Coloration lente d'un rose à peine sensible.			
	sur 5cm³,0	Coloration lente d'un rose un peu plus net, mais très légère.			

B. — *Capsules surrénales après 24 heures de séjour dans le vide.*

		I'.	II'.	III'.	IV'.
Prise d'essai		2g,531	1g,777	1g,494	1g,277
Volume total du liquide de macération.		50cm³	50cm³	50cm³	50cm³
Dosage après 30 minutes de macération.	sur 2cm³	Coloration très nette et rapide.			
	sur 5cm³	0g,26	0g,25	0g,17	0g,15
		Adrénaline pour 1000 de substance fraîche.			

A l'examen de ce tableau, on peut se rendre compte qu'apparemment les capsules surrénales fraîches ont une teneur très faible en adrénaline libre puisque, même sur 5cm³ de filtrat la coloration obtenue est trop faible (2),

(1) En prolongeant la macération pendant 5 heures, la coloration est plus accentuée et correspond à une teneur de 0g,10 environ pour 1000. Pour les prises d'essais de 5cm³ la dose de solution a été proportionnellement augmentée.

(2) Manceau a signalé d'autre part que la réaction était très lente à apparaître, ce que nous avons également observé.

pour se prêter à un dosage approximatif et que, par ailleurs, le réactif proposé par Bailly est d'une sensibilité de l'ordre du millionième. Mais les faits les plus caractéristiques nous paraissent être la facilité avec laquelle les surrénales vieillies réagissent et l'intensité nettement plus forte des réactions obtenues, intensité qui permet un dosage d'une exactitude suffisante.

Tout semble donc se passer comme si dans la capsule surrénale fraîche de cobaye ([1]), l'adrénaline était au moins partiellement engagée dans une combinaison qui la dérobe presque entièrement à l'action des réactifs et que peu à peu elle se libère après la mort par un mécanisme qui reste à préciser ([2]).

EMBRYOGÉNIE. — *L'éclaircissement des œufs de Raies pour l'observation continue du développement* in vivo. Note ([3]) de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. L.-F. Henneguy.

Les œufs de Raies sont plus grands, plus foncés et plus difficiles à éclaicir que les œufs de Scylliidés; chez ceux-ci, la couche superficielle de la coque, seule opaque, peut être aisément enlevée (His, 1897; Wintrebert, 1920) à l'aide d'une lame mince de rasoir mécanique manœuvrée tangentiellement à la surface; chez les Raies, l'opacité tient à la fois à la couche externe et à une couche moyenne qui couvre la membrane transparente interne. Cette

---

([1]) De plus nous avons observé des faits analogues sur les *surrénales de mouton et de bœuf* dont la teneur peut parfois varier du simple au double lorsqu'on fait des dosages à 24 heures d'intervalle sur deux prises d'essai aussi identiques que possible. Dans ces deux cas, la réaction des capsules fraîches était très nette et intense, sans doute parce qu'elles avaient été mises en œuvre 3 à 4 heures après la mort de l'animal et que pendant ce temps une assez forte proportion d'adrénaline s'était libérée.

On pourrait aussi admettre que (contrairement au cobaye) chez ces animaux la proportion d'adrénaline libre est assez considérable à l'état frais.

([2]) Ces constatations viennent à l'appui d'observations déjà anciennes. En effet, en 1889 (Philippe Josserand, *Thèse*, Paris, 1904), Alezais et Arnaud affirmaient que la substance des capsules surrénales ne contenait aucun principe toxique à l'état frais. La même année Tizzoni arrivait sensiblement aux mêmes conclusions. Rappelons également qu'Abelous (*Les glandes à sécrétion interne*, p. 70, sir Sharpey Schafer, traduction Guy Laroche et G. Richard; Doin, éditeur, 1921) et d'autres ont affirmé à tort, d'après Bayer, que la corticosurrénale renfermait une substance capable de fournir de l'adrénaline après 24 heures de séjour à l'étuve.

([3]) Séance du 20 décembre 1926.

dernière, la seule qui doive rester intacte, est mince, facile à perforer et les sections tangentielles de la coque, à l'emporte-pièce, ne donnent pas de bons résultats. L'étude microscopique de la coque indique la manière de procéder. La paroi est en grande partie feuilletée et la vitrée interne, en particulier, est formée de lamelles superposées. Il s'agit dès lors : 1° de savoir si l'on peut séparer par traction les feuillets adhérents, spécialement décoller le feuillet superficiel de la vitrée sans disloquer les couches profondes; 2° de trouver le moyen d'atteindre sûrement ce plan de clivage. L'expérience montre que la voie désignée par l'Anatomie est réalisable.

Les essais ont été tentés à Roscoff et à Banyuls-sur-Mer sur trois espèces de Raies : *Raia macrorhynchus* Raf., *R. asterias* Rond., *R. clavata* L. La coque de cette dernière est la plus avantageuse. L'œuf est petit (13^{cm} de long), maniable, abondant; ses besoins en oxygène sont restreints; l'ablation des couches opaques s'opère aisément sur toute sa largeur et permet de voir l'embryon sous tous ses aspects; la membrane interne, d'un jaune clair, est plus transparente que celle des deux autres espèces.

D'après Gerbe (1872), la coque des Raies (sans indication spécifique) présente quatre couches : une profonde, mince, d'un châtain clair, irrisée et fibrillaire; une seconde plus épaisse, aréolaire et jaune; une troisième de même couleur et de même nature que la première; une superficielle tomenteuse, brun marron, dont les fibres externes forment une bourre flottante.

Je trouve au-dessous de celle-ci chez *R. clavata* une autre couche d'un gris verdâtre, finement fibrillaire; de plus, les deux lames transparentes qui encadrent la couche aréolaire opaque sont composées de *lamelles superposées et dissociables*, au nombre de 14 à 15 pour l'externe, de 10 à 11 pour l'interne, réunies entre elles par quelques fibres onduleuses perpendiculaires; la couche aréolaire, d'un jaune laiteux, est caractéristique de la coque des Raies; elle forme une sorte de matelas de mailles polygonales anastomosées, incrustées à la périphérie dans les lamelles bordantes; bien que cette couche mesure une fois et demie environ l'épaisseur totale des trois membranes situées en dehors d'elle, elle est moins résistante qu'elles à la pression et à la traction et se fragmente par le raclage en petits lambeaux qui, pour être étendus, doivent être supportés par les lamelles des vitrées voisines.

Pour éclaircir la coque, on se sert de ciseaux fins, modérément pointus et rectilignes. On agit de deux façons, soit avec prudence et lenteur, pénétrant de proche en proche jusqu'au matelas aréolaire et n'enlevant celui-ci au grattoir qu'avec circonspection; soit délibérément, après un certain

apprentissage, en plongeant obliquement la pointe des ciseaux à travers la couche aréolaire jusqu'à la vitrée plus résistante, puis, après avoir abaissé le manche de l'instrument et disposé à plat la branche perforatrice engagée, en poussant celle-ci en avant par petits coups, suivis d'une section de la paroi interposée. On découpe ainsi sur l'une des faces une incision quadrangulaire; on soulève ensuite, à l'aide d'une pince, les bords du volet; on sectionne sur son pourtour la première lamelle de la vitrée déjà en partie entamée et, tirant sur le volet replié contre la coque, on l'enlève d'un bloc.

L'éclaircissement des deux faces est bien supérieur à l'éclaircissement unilatéral; il illumine doublement la chambre ovulaire et surtout permet l'examen par transparence. Sur une coque suspendue verticalement, l'embryon, toujours juché au plus haut du gâteau vitellin, donne, comme dans un aquarium en miniature, le spectacle de son évolution anatomique et de ses mouvements incessants.

L'intérêt que présentent les œufs ainsi traités provient de l'abondance de leur récolte; il s'accroît du fait de leur résistance aux heurts dans les transports (au début du développement) et de la facilité de leur élevage loin de la mer, en milieu confiné (eau de mer aérée et filtrée tous les jours), à la température ordinaire du laboratoire (entre + 8° et + 25°C.). L'embryon ne craint pas la lumière diffuse du jour, ni même, pour quelques instants, les rayons directs du soleil, ce qui permet de le photographier en vue instantanée; sa vie ovulaire est très longue : 11 mois environ à + 11°C.

Pour toutes ces raisons, l'œuf éclairci des Raies est, en tant qu'œuf télolécithe, au même titre que l'œuf éclairci des Scylliidés [1], plus avantageux que l'œuf de Poule pour l'*examen continu in vivo* des transformations anatomiques et physiologiques d'un même embryon et devient ainsi un objet de choix pour les démonstrations embryologiques.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *D'où vient la virulence de la bave chez les animaux rabiques?* Note de MM. **Y. Manouelian** et **J. Viala**, présentée par M. Roux.

L'idée que le virus rabique se propage le long des nerfs est ancienne, elle a été soutenue notamment par Duboué de Pau; à la suite de leurs

(1) P. Wintrebert, *L'embryon de* Scylliorhinus canicula *L. Gill considéré comme animal de laboratoire* (*Bull. Soc. Zoolog. France*, 45, x, 1920, p. 331-339).

expériences Roux et Nocard écrivaient en 1892 : « Il est probable que c'est en se propageant le long des nerfs que le virus rabique va dans la salive ». Nous pouvons affirmer 35 ans après qu'il est *certain* que c'est en se propageant le long des nerfs que le virus rabique va dans la salive. La présence d'innombrables cellules nerveuses parasitées des muqueuses de la bouche et de la langue, cellules nerveuses situées parfois juste au-dessous d'un épithélium extrêmement mince, justifie pleinement cette affirmation.

Dans un Mémoire paru en 1924, nous avons décrit le parasite de la rage dans le système nerveux et dans les glandes salivaires des animaux rabiques. Dans celles-ci le microbe existait non seulement dans les cellules nerveuses des ganglions nerveux intra-glandulaires, mais encore dans les cellules sécrétantes, cellules des acini, et dans les canaux excréteurs; il était donc prouvé que les parasites passaient dans la bave.

Or de nombreuses recherches entreprises depuis trois ans nous montrent que si la présence des parasites dans les neurones intra-glandulaires est un fait constant, par contre les acini et les canaux excréteurs n'en sont pas souvent infectés; nos examens, soit chez les chiens devenus enragés, soit rendus rabiques expérimentalement, nous ont conduit à ce résultat.

La pullulation des parasites dans le tissu propre des glandes salivaires est un fait rare. Aussi, dans la grande majorité des cas, notre explication de la virulence de la salive par la culture du microbe de la rage dans le tissu propre des glandes salivaires ne peut plus être soutenue.

Cependant l'étude histologique de la langue et des parois de la bouche nous a permis de résoudre le problème.

D'après nos recherches la muqueuse des parois de la bouche, surtout la muqueuse de la langue, contiennent des cellules nerveuses étalées sous l'épithélium : cellules nerveuses réunies en amas, autant de petits ganglions, de vrais centres nerveux périphériques. Fait très intéressant aussi, et c'est en cela que la phrase de Roux et de Nocard est exacte, dans les muqueuses de la bouche et de la langue il existe de petits troncs, rameaux, ramuscules nerveux, qui contiennent des cellules nerveuses disposées en groupes ou aberrantes. Ces cellules nerveuses se trouvent parfois très près de la superficie de la muqueuse, juste au-dessous de l'épithélium qui est souvent d'une minceur extrême. Une fissure, une éraillure à ce niveau, et les cellules nerveuses sont mises à nu.

Or chez tous les chiens enragés, le cytoplasme de ces neurones contient le parasite de la rage. Voilà l'explication de la virulence de la bave.

Car quel est le sujet ne présentant pas une fissure ou une éraillure au

niveau de ces muqueuses? Une pression un peu violente des dents suffit à déterminer de tels traumatismes. De plus le genre de nourriture des carnivores y prédispose. Cependant, sans insister sur les cas d'automutilation, si nous nous rappelons que les animaux enragés mordent, avalent des objets pouvant léser les tissus, nous voyons combien sont nombreuses les causes des lésions traumatiques de ces muqueuses. Si l'on pense, nous le répétons, qu'un épithélium souvent excessivement mince sépare la cavité buccale des cellules nerveuses renfermant les redoutables parasites, une solution de continuité échappant à un examen attentif, invisible à l'œil nu, ne pourrait libérer les parasites et contaminer ainsi la bave.

Grâce à ces données, nous comprenons que la virulence de la bave puisse varier dans de grandes proportions d'un moment à l'autre. Nous comprenons pourquoi, parmi plusieurs individus mordus par un chien enragé, les uns contractent la rage et les autres échappent à la maladie. Tout dans cette question dépend de deux facteurs : 1° les centres nerveux toujours virulents; 2° l'état de la muqueuse où les centres nerveux sont inclus. La bave n'est pas virulente si les muqueuses de la bouche et de la langue sont d'une intégrité parfaite, sans aucune fissure, sans la moindre éraillure. Car c'est à la faveur d'une lésion de la muqueuse que le parasite de la rage est inoculé dans la plaie de la morsure; éventualité malheureusement fréquente chez les chiens enragés.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur quelques faits nouveaux intéressant les théories actuelles de la vasomotricité.* Note de MM. **René Leriche** et **R. Fontaine**, présentée par M. Quénu.

L'étude systématique des phénomènes vasomoteurs consécutifs aux diverses opérations sympathiques (sympathectomie périartérielle, ramisection, ablation ganglionnaire) met en évidence des faits qui ont échappé jusqu'ici aux physiologistes et dont l'importance semble capitale pour la compréhension des phénomènes de la vasomotricité.

Si, par exemple, on sectionne tous les rameaux communicants allant à un membre, on observe après une augmentation très passagère (quelques heures) de la tension artérielle, une chute considérable de celle-ci, correspondant à une vasodilatation active qui dure quelques semaines puis disparaît peu à peu. Il y a sensiblement retour aux valeurs antérieures de la pression avec stabilisation définitive au voisinage des chiffres anciens,

parfois très légèrement en dessous d'eux; assez rapidement, toutes les réactions vasomotrices habituelles, au bain froid et au bain chaud notamment, se font comme auparavant. Bref, il est impossible, au bout de quelques mois, de mettre en évidence un signe quelconque de paralysie ou de perturbation vasomotrice. Le retour à la normale est complet ([1]).

Ces phénomènes sont difficilement compatibles avec l'existence de nerfs centrifuges vasomoteurs.

Mais il y a plus : si l'on étudie ce que devient parallèlement la pression artérielle sur le membre du côté opposé, on a la surprise d'y constater des variations simultanées et de même sens qui ont la même évolution. Parfois de semblables modifications peuvent être relevées au niveau des membres non homologues.

Il devient, par suite, impossible de continuer de croire que les modifications de vasomotricité consécutives aux opérations sympathiques sont la conséquence d'une section d'éléments moteurs. Tout se passe comme si les actions vasomotrices étaient uniquement périphériques, sous la dépendance d'éléments ganglionnaires inclus dans la paroi des artères, les nerfs dits jusqu'ici vasomoteurs n'étant que des éléments d'association unissant ces centres muraux aux centres médullaires ou latéro-vertébraux. Il y a donc lieu de reprendre sur des bases nouvelles l'étude de la vasomotricité.

MICROBIOLOGIE. — *La formation des périthèces chez l'* Aspergillus fumigatus *Fresenius sous l'influence du radium.* Note ([2]) de MM. **A. Sartory, R. Sartory** et **J. Meyer**, présentée par M. L. Guignard.

Au cours de nos recherches antérieures, nous avons pu constater les modifications profondes que l'influence des radiations du radium provoque sur les appareils reproducteurs de l'*Aspergillus fumigatus* Fresenius ([3]) (formes nouvelles, pseudosporanges, etc.). Continuant nos travaux, nous avons fait usage, pour la culture de cet organisme, du milieu suivant :

([1]) Quelquefois l'hyperthermie locale constante après l'opération persiste cependant encore un an après l'opération.

([2]) Séance du 20 décembre 1926.

([3]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 77; *Congrès de l'A. F. A. S.*, Lyon, 1926.

saccharose pur, 5g; gélatine, 7g,5 [1]; chlorure de sodium, 1g; jus de carotte, q. s. pour 100cm³. Ce milieu prend une consistance semi-liquide, favorisant ainsi l'action du radium; 5 jours après l'ensemencement, la culture est exposée au radium; la dose employée est de 10,2 millicuries par centimètre carré. Dans le courant de la deuxième journée de cette irradiation, nous voyons apparaître des points brun noirâtre, très rapprochés, entourés du thalle mycélien resté blanc, brillant. Ces points se réunissent en une colonie noire pour former un sclérote très dur, oblong, le plus souvent en forme de fuseau. Ce sclérote se formait toujours unique sur chaque culture. Il paraît donc se manifester une concentration d'énergie sexuée. Cet organe se forme sur la partie immergée et opposée du mycélium conidiophore. L'examen microscopique des coupes faites à l'aide du microtome nous montre que le sclérote est formé par des filaments déformés à pigmentation brun rougeâtre, à membrane très épaissie fortement cloisonnée, à tel point que très souvent les différents articles d'un filament sont sphériques. A un faible grossissement, on voit çà et là ces filaments enchevêtrés en amas denses, globuleux, opaque, constituant un feutrage épais.

Par montagnisation, nous trouvons dans l'intérieur de ces agglomérations un corps brun jaunâtre : le périthèce, presque impénétrable à la lumière, très difficile à éclaircir, de forme sphérique, limitée par une membrane lisse, composée de plusieurs rangées de cellules. Celle-ci entoure un faux tissu formé de courts filaments cellulaires plus ou moins hyalins, entre lesquels se groupent, sans choix ni ordre, des asques ronds ou ovalaires, à parois très fines et frêles se désagrégeant à maturité. Ils renferment chacun huit ascospores elliptiques à membranes très épaisses. Les deux extrémités les plus éloignées se caractérisent par un pôle noir, sorte de pore par lequel se fait la germination; à l'intérieur, nous distinguons une zone réfringente s'effilant vers les pôles. La coloration par le colorant triple de Gueguen décèle dans les filaments périthéciens de fortes condensations protoplasmiques; nous notons ici l'absence complète de graisses. Les dimensions des différents organes sont les suivantes : périthèce, 70 à 110µ de diamètre; asques mures, 15 à 22µ,5; ascospores jeunes 2 à 3µ,75 sur 0,6 à 1µ; ascospores à maturité, 4 à 6µ,25 de longueur; filaments

(1) La gélatine employée est isoélectrique, préparée suivant Hallion : *Les protéines comme électrolytes* (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, 8e série, 1, 1925, p. 339 et 385).

épaissis, 3 à $5^{\mu},5$; membrane des filaments, 0,8 à $1^{\mu},2$. Nous avons vérifié la pureté de nos cultures en repiquant des parcelles de sclérote sur milieu de Sabouraud et sur pomme de terre, et d'autre part en pratiquant des cultures en goutte pendante par ensemencement d'une ascospore à l'aide de micropipettes (1) sur liquide de Raulin. Ces procédés nous ont donné chaque fois des cultures caractéristiques normales d'*Aspergillus fumigatus* Fres. Toutefois l'irradiation à elle seule ne semble pas suffire à expliquer ce phénomène, car le milieu de culture, lui aussi, paraît exercer une influence qui ne doit pas être négligée. Nous n'avons jamais obtenu la formation ascosporée sur un milieu identique dans lequel on avait substitué la gélose à la gélatine, sans parler des autres milieux dissociés ou non, qui ont servi dans nos différentes expériences.

Conclusions. — De ces recherches nous tirons les conclusions suivantes : l'action du radium sur l'*Aspergillus fumigatus* Fres. (qui devrait désormais porter le nom d'*Eurotium*) cultivé sur milieu de jus de carotte gélatiné (pH = 4,7), dissocié par le chlorure de sodiim, et seulement sur ce milieu, produit la formation de périthèces fertiles à asques et ascospores bien déterminés. Nous poursuivons nos essais qui porteront pour l'*Aspergillus fumigatus* spécialement sur l'hérédité et la rétrogradation des caractères acquis. D'autre part des recherches sont en cours, en ce qui concerne un grand nombre d'*Ascomycètes* (*Protoascées*, *Gymnoascées* et *Périsporiacées*).

MICROBIOLOGIE. — *Sur la virulence du sang dans la Theilériose sud-africaine, à* Theileria parva. Note de MM. **Edm. Sergent**, **A. Donatien**, **L. Parrot**, **F. Lestoquard**, **E. Plantureux**, présentée par M. F. Mesnil.

Depuis les mémorables travaux de A. Theiler sur les piroplasmoses bovines, on assignait aux theilérioses comme caractère fondamental la non-virulence du sang. Theiler fit, en 1903, 1906 et 1907, sans succès, de nombreux essais de transmission de *Theileria parva* par l'inoculation de grandes quantités de sang (jusqu'à 7 litres), sous la peau, dans le péritoine, dans les veines, dans le tissu splénique, dans le tissu ganglionnaire. Sont même restées sans résultat des transfusions sanguines interjugulaires d'une durée de 20 minutes.

(1) Méthode de Kite, Chambers et Peterfi.

Nous avons montré, en 1923, l'existence en Afrique du Nord d'une theilériose bovine (due à *Theileria dispar*) facilement transmissible par l'inoculation de sang.

MM. Theiler et Du Toit, du laboratoire d'Onderstepoort, ayant bien voulu nous envoyer des tiques (*Rhipicephalus appendiculatus*), infectées par la *Theileria parva* de l'Afrique du Sud, nous avons pu étudier ce virus à Alger sur des taurillons français récemment importés (races d'Aubrac et de Salers) et sur des génisses algériennes de race croisée.

Treize bovins sur lesquels on a placé ces tiques ont tous contracté une infection typique et en sont morts.

Avec les organes ou le sang de plusieurs de ces animaux, on a inoculé par diverses voies d'autres bovins : l'inoculation de tissus ganglionnaire ou splénique infecta 3 bovins sur 16. L'inoculation de sang en infecta 3 sur 12.

Le veau **L-19**, importé de France, reçoit sous la peau 250^{cm^3}, dans le derme 2^{cm^3} et dans les ganglions 10^{cm^3} de sang prélevé le 5e jour de l'accès. La température monte au-dessus de 40° le 16e jour. L'accès thermique dure 4 jours (maximum 40°,6). Les corps en grenade sont décelés dans les ganglions précruraux le 14e jour, dans la rate le 16e jour. Les petites formes intraglobulaires apparaissent le 18e jour, persistent 7 jours dans le sang périphérique (maximum 32 pour 1000). Infection bénigne sans signes cliniques. Guérison.

La génisse **D-30**, croisée, née en Algérie, reçoit sous la peau 60^{cm^3}, dans le derme 5^{cm^3}, dans les ganglions 40^{cm^3} et dans le péritoine 60^{cm^3} de sang prélevé le 5e jour de l'accès. La température s'élève au-dessus de 40° le 13e jour. L'accès thermique dure 16 jours (maximum 41°,8). Les corps en grenade sont décelés dans la rate le 15e jour. Les petites formes intraglobulaires apparaissent le 18e jour et persistent dans le sang périphérique pendant 22 jours (maximum 500 pour 1000). Anisocytose très marquée pendant 8 jours. Infection bénigne sans signes cliniques. Guérison.

Le veau **L-56**, importé de France, reçoit sous la peau 250^{cm^3} et dans le derme $2^{cm^3},5$ de sang prélevé le 16e jour de l'accès. La température s'élève au-dessus de 40° le 19e jour (maximum 41°,5). Les corps en grenade sont décelés dans les ganglions et dans la rate le 19e jour. Les petites formes intraglobulaires apparaissent le 24e jour, avant-veille de la mort de l'animal qui succombe à une pneumonie intercurrente.

Les infections de ces trois animaux étaient bien dues à *Theileria parva*. L'examen microscopique du sang et des sucs ganglionnaire, splénique et hépatique suffisait à l'établir. De plus, une expérience d'immunité croisée faite avec l'un de ces animaux, la génisse D-30, montre qu'après son accès cette génisse avait acquis l'immunité contre la theilériose sud-africaine et non pas contre la theilériose nord-africaine (¹) : Des tiques infectées de

(¹) La theilériose nord-africaine ne vaccine pas contre la sud-africaine, ni la sud-africaine contre la nord-africaine.

Theileria parva placées sur cet animal 40 jours après la fin de son accès ne le contaminèrent pas, alors que des tiques du même lot donnèrent une infection mortelle à deux témoins (l'un neuf, l'autre guéri depuis 2 mois de theilériose nord-africaine à *Th. dispar*). D'autre part, cette même génisse D-30, inoculée 2 mois plus tard avec du virus nord-africain de *Theileria dispar*, contracta normalement la maladie.

En conclusion, contrairement aux données classiques, la theilériose sud-africaine peut être transmise par l'inoculation du sang périphérique prélevé au cours d'un accès aigu.

La séance est levée à 16h.

E. P.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-TROISIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1926.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 183.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T.

U

V

X

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
80218-27 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.